TRATTATO ELEMENTARE

DI

ONTOLOGIA UNIVERSALE

DI

GIUSEPPE GALLO

Dottore aggregato in scienze fisiche, matematiche e naturali
nella R. Università di Torino....

VOLUME UNICO
Parte Prima

TORINO
TIPOGRAFIA DI GIULIO SPEIRANI E FIGLI
1871.

TRATTATO ELEMENTARE

DI

ONTOLOGIA UNIVERSALE

DI

GIUSEPPE GALLO

Dottore aggregato in scienze fisiche, matematiche e naturali
nella R. Università di Torino....

VOLUME UNICO

Parte Prima

TORINO
TIPOGRAFIA DI GIULIO SPEIRANI E FIGLI
1871.

AGLI UOMINI DI BUONA VOLONTÀ

CHE

METTENDO LE LORO RAGIONI PARTICOLARI D'ACCORDO

COLLA RAGIONE UNIVERSALE

SONO D'ACCORDO FRA LORO

E

CHE RICONOSCENDO PRATICAMENTE

CIO' CHE DIRETTAMENTE CONOSCONO

VOGLIONO E PRATICANO

CIO' CHE VUOLE IDDIO

DEDICO E CONSACRO.

PREFAZIONE

Omnia Deus disposuit in pondere, numero ordine et mensura.

Argomento di quest'opera è lo studio generale di tutti gli esseri che formano l'Universo, è la dimostrazione di un nuovo sistema della Natura in cui non si ammette che ciò che è, fu, e sarà. Questo nuovo sistema contiene realmente o virtualmente tutte le conoscenze che la ragione umana ha imparato per mezzo dell'intuito e dell'osservazione: in esso si trovano con ordine disposte tutte le verità ben accertate; ossia tutti i fatti scoperti dagli analisti che furono verificati dai sintetici, e quelli intuiti dai sintetici che furono confermati dagli analisti.

Nell'uno immateriale, immobile ed assoluto, ossia nello spazio eterno nacque per la combinazione di un principio attivo immateriale con un principio inerte materiale, l'uno materiale generatore del moto e del contingente. La materia così creata è una cosa elastica, attiva che ha la virtù di gravitare, girare ed oscillare intorno dei punti. La monade materiale condensandosi e rarefacendosi generò la diade ossia la materia ponderabile e l'etere. La materia ponderabile dividendosi e suddividendosi in parti immensamente piccole generò gli atomi; i quali per mezzo dell'etere, materia rarefatta e continua, si sono individuati in meccanismi ossia in esseri di più in più grandi ed hanno rigenerato l'uno, ossia una macchina contingente, infinita che si muove, secondo la legge suprema dell'ordine e dell'armonia universale, nell'uno assoluto.

L'individuazione degli esseri minori in esseri maggiori o con altre parole la riduzione del molteplice all'uno ci si rappresenta sotto più legami secondo le molteplici qualità degli atomi. Gli atomi sono ad un tempo, unità, forme, forze, vibrazioni, masse semplici. Più unità atomiche sommate insieme hanno fatto l' unità di primo ordine chiamata molecola od unità chimica: più unità di primo ordine sommate insieme hanno fatto l'unità di secondo ordine, chiamata molecola od unità fisica; più unità di secondo ordine sommate insieme hanno fatto un'unità di terzo ordine ossia un astro; più unità di terzo ordine sommate insieme hanno fatto un'unità di quarto ordine ossia un sistema planetario, più unità di quarto ordine sommate insieme hanno fatto un'unità di quinto ordine (sistema solare) e così di seguito fino all'infinito. Più forme atomiche hanno generato la forma chimica, più forme chimiche hanno generato la forma fisica....; più forze atomiche composte in risultante hanno prodotto la forza chimica; più forze chimiche composte in risultante hanno generato la forza fisica e così di seguito. Più vibrazioni atomiche rinserrate dentro una vibrazione eterea hanno generato la vibrazione chimica, più vibrazioni chimiche rinserrate in una maggiore vibrazione eterea hanno generato la vibrazione fisica e così di seguito. Più masse atomiche gravitando intorno ad un punto hanno generato una massa chimica; più masse chimiche gravitando intorno ad un punto hanno generato una massa fisica e così successivamente sino all'infinito. Più masse vive nell'individuarsi insieme si sono mosse in modo da stabilire un armonico accordo tra i loro moti, e si sono ordinate in maniera da stabilire l'equilibrio di pressione, cioè che ogni massa premesse e fosse di un'eguale quantità contropremuta dalle altre. Ogni unità intermedia è il totale delle unità minori e la parte delle unità superiori. L'unità atomica è parte e non totale, l'unità infinita è totale e non parte. Ogni forma intermedia comprende in sè le forme minori ed è compresa nelle forme maggiori. Ogni forza intermedia che lega l'infinita catena degli esseri, è ad un tempo componente e risultante, come componente si lega alla risultante supe-

riore che concorre a formare, come risultante unifica insieme le componenti da cui è formata. Ogni vibrazione intermedia comprende in sè unificandole le vibrazioni minori, ed è contenuta e unificata dalle vibrazioni superiori. Ogni massa intermedia gravita intorno i centri delle masse maggiori, ed intorno il suo proprio centro gravitano le masse minori. Ogni massa, ogni unità, tranne le due estreme, è ad un tempo centro e circonferenza, come centro gravitano, girano ed oscillano intorno ad essa le masse, le unità minori, come circonferenza gravita, gira ed oscilla intorno i centri delle masse, delle unità maggiori, descrivendo una curva sinuosa intorno al centro dell'unità infinita.

Le quantità sono inseparabili dalle ragioni ossia dai rapporti che presentano. Quando vi era una sola quantità non vi era ragione. L'ente assoluto nel creare la materia primordiale ha creata la prima ragione consistente nel rapporto che passa tra l'ente increato e l'ente creato. La materia primordiale nel generare la materia ponderabile e l'etere ha anche generato la ragione che passa tra queste due quantità. La materia ponderabile nel generare gli atomi ha ad un tempo generate le ragioni atomiche. Gli atomi nell'individuarsi in esseri di più in più grandi hanno successivamente generato le ragioni chimiche, le ragioni fisiche, le ragioni astrigene.... Ad ogni nuova individuazione non nasce solo una nuova ragione ma ancora un nuovo centro, una nuova specie d'equilibrio, un nuovo moto di rivoluzione, un nuovo moto vibratorio, e quindi una nuova specie d'ondulazione nell'etere. Ogni atomo ha dunque tante specie di accordi e di equilibri da stabilire, tanti moti di rivoluzione e di vibrazione da eseguire, quante sono le specie di individui di cui fa parte; esso effettua tutte queste funzioni descrivendo un'immensa curva intorno al centro del massimo individuo, nella quale vi sono tante sinuosità quante sono le specie d'individui inferiori che concorre a formare.

Più masse si individuano insieme, ossia si attirano e gravitano intorno ad un punto comune se vi è accordo ed armonia fra i loro movimenti, altrimenti si repellono e vanno

in cerca di un altro centro di organamento, di altre masse affini per formare dei meccanismi ordinati ed armonici. Le masse nello stabilire dei nuovi accordi, delle nuove armonie, nel formare dei nuovi meccanismi, variano la direzione dei loro moti e le loro velocità con variare il loro volume, essendochè le masse descrivendo, giusta la legge di Keplero, aree eguali in tempi eguali, guadagnano in velocità se perdono in volume e reciprocamente. Ogni individuo, ogni essere è unità e pluralità, è una varietà ridotta ad unità. Come unità presiede alle pluralità inferiori, e come pluralità è presieduta dalle unità superiori, o con altre parole comanda ed obbedisce, ma sì nel comandare che nell'obbedire osserva la legge suprema dell'ordine e dell'armonia universale. In ogni essere è dunque contenuto il principio di autorità ed il principio di libertà. L'Universo risulta quindi di un numero infinito di esseri finiti legati in un sol tutto, in un solo essere infinito dal triplice vincolo dell'ordine, dell'armonia e della forza.

Ogni unità, ogni massa si manifesta continuamente sotto tre forme simili: la forma materiale che ha, la forma viva che descrive muovendosi, e la forma ideale che si propaga con grandissima velocità per l'etere. La forma ideale consiste in un moto ondulatorio dell'etere ed in una quantità immensamente piccola di materia che passa da un essere agli altri esseri, conservando la forma che aveva. Le forme ideali costituiscono l'idea di Platone, che il nostro illustre filosofo Gioberti cercò meritamente di far rivivere in questi ultimi tempi. Le forme ideali sono generate dalle forme vive, le forme vive sono generate dal moto della materia ponderabile, la materia ponderabile è stata generata dall'attrazione universale, l'origine delle idee risiede dunque in ultima analisi nell'attrazione universale che condensò la materia negli esseri che esistono o meglio nell'attività della materia ponderabile e dell'etere. La prima cosa, come ben disse il filosofo Gioberti, fu anche la prima idea. Se il principio di attività si separasse dal principio materiale non vi sarebbe più nè esistenza, nè idea. Ogni unità, ogni essere è ad un tempo attivo

e passivo, soggetto ed oggetto, io e non io; è attivo in quanto irraggia le sue forme vive sugli altri esseri e si fa da essi sentire; è passivo in quanto riceve le forme vive provenienti dagli altri esseri e li sente, è soggetto in quanto agisce e reagisce sopra se stesso; è oggetto in quanto agisce e reagisce sugli altri esseri. Gli esseri che sono organizzati in modo da unificare le idee che ricevono facendole convergere verso un punto focale e poi divergere verso la periferia da cui riflesse ritornano al punto focale, e di concepire delle vibrazioni simili alle idee, non solo sentono ma vedono le idee e le loro relazioni, le conoscono e sanno e giudicano di conoscerle nell'atto che l'organo intellettuale agisce e reagisce sugli altri organi di cui l'essere si compone. Nel correre che fanno le idee dalla periferia verso il foco e dal foco verso la periferia dell'organo intellettuale (cervello) facendolo vibrare in un modo simile, consiste la luce intellettuale di S. Tommaso, l'atto conoscitivo del filosofo Mamiani, il lume della ragione, la quale per il ripetere che fa più volte le medesime azioni e reazioni di cui è prodotto, acquista una durata tale da poter vedere dipinte nell'organo intellettuale e nell'etere le idee. La materia ha dunque la virtù di organizzarsi in modo da conoscere se stessa e le sue infinite manifestazioni. Ciò che fa conoscere la materia è l'attività. L'attività della materia ha dunque la virtù di conoscere, sapere, intendere. Il filosofo Rosmini colse nel vero quando ha intuito e scritto che « l'essenza (attività) dell'ente è conoscibile per sè ed è il mezzo che fa conoscere tutte le altre cose; ella è il lume della ragione ». La ragione in quanto si limita a vedere l'azione e la reazione, conosce l'attività della materia universale, o con altre parole l'essenza dell'ente, l'ente in universale del filosofo Rosmini. L'attività dell'ente, ossia della materia può manifestarsi in un numero infinito di modi e gradi. Se la ragione esamina i modi e gradi di manifestazione ossia di realizzazione dell'ente conosce gli enti particolari e ne vede le loro analogie e le loro differenze. Nella osservazione e successiva riflessione, l'intelletto copia le idee provenienti dagli esseri che

esistono e lavora sopra le medesime, e le cognizioni che in questo caso acquista sono simili alle realtà ossia a ciò che è. Nella meditazione l'intelletto lavora sopra idee che esso stesso ha generate, e le cognizioni che acquista possono o no, essere simili alle realtà. « La verità, ha saggiamente scritto il filosofo Rosmini, è una qualità della cognizione. La cognizione è vera quando ciò che si conosce, è. Si consideri bene questa definizione della verità. Se la cosa che si conosce è, ella è vera: dunque la verità si riduce all'essere della cosa che si conosce. L'essere dunque che si conosce è la verità della cognizione ». Il modo d'essere ideale degli enti è simile al loro modo d'essere reale. Ciò posto per conoscere la verità è necessario che il nostro intelletto nella percezione copii, e nella meditazione produca ed intuisca le idee generate dagli esseri naturali; o con altre parole che pensi come pensa la Natura. Il criterio del vero è dunque l'accordo del pensiero umano con il pensiero della Natura. Ogni pensiero che è nell'intelletto e non sussiste nella Natura, si debbe considerare come un sogno, un fantasma ideale a cui non risponde alcuna realtà.

Ogni essere in quanto manda le sue radiazioni agli altri esseri li eccita a divenire in un modo che sia d'accordo con quello con cui esso si manifesta; in quanto riceve le radiazioni eteree provenienti dagli altri esseri, è determinato a divenire in un modo che sia d'accordo con quello degli altri esseri. Le forze estrinseche che eccitano gli esseri a muoversi anzi in uno che in un altro modo tendendo a fare nascere l'ordine e l'armonia tra gli esseri sono forze razionali ordinate ed armoniche. Le forze materiali intrinseche, ossia proprie di ciascun essere debbono dunque operare in quelle direzioni e con quelle intensità che vengono indicate dalle forze razionali. Le forze materiali per raggiungere un tale scopo modificano la forma e fanno variare il volume e quindi la velocità delle masse che costituiscono gli esseri, e quando la condizione statica degli esseri si oppone al conseguimento di un tale fine, li trasformano in altri esseri capaci di raggiungerlo. Ciò che lega gli esseri e riduce il molteplice al-

l'uno è la monade eterea e l'attrazione, le quali non nascono se non vi è ordine, accordo ed armonia tra gli esseri da unificarsi. Ciò che determina l'unione delle cose è dunque l'ordine, l'accordo e l'armonia. Ogni essere debbe quindi operare in modo conforme alla sua natura e mettere le sue operazioni d'accordo con quelle degli altri; debbe operare in modo da conservare se stesso, gli esseri minori da cui è formato e gli esseri maggiori che concorre a formare. Gli esseri cosmici, tranne quelli dotati del lume della ragione, obbediscono ciecamente alla legge divina dell'ordine e dell'armonia e sono quindi privi di volontà, di libero arbitrio. Gli esseri ragionevoli, essendo liberi di agire in tutte le direzioni possibili, avendo una volontà propria, possono o no osservare la divina legge. Ma siccome formano parte dell'infinito essere materiale, sono perciò obbligati, come gli altri esseri naturali, di osservare la divina legge dell'ordine e dell'armonia universale; essi debbono quindi legare le loro ragioni e volontà particolari alla ragione e volontà universale, e riconoscere praticamente, ciò che direttamente conoscono. Le autorità (risultanti sociali) debbono governare ed il popolo sottomettersi di essere governato secondo la divina legge, secondo la legge degli ordinati ed armonici rapporti, degli scambievoli servigi.

Gli esseri naturali sono, si muovono e durano nello spazio eterno ossia in Dio. Gli apostoli rispetto a Dio hanno difatti scritto: *in ipso vivimus, movemur et sumus*. Siccome il contenuto dipende dal contenente così gli esseri naturali dipendono da Dio che li fa divenire nel tempo come ha decretato nell'eternità. Ciò che lega il contingente con l'assoluto debbe essere simile a ciò che lega le cose contingenti tra di loro. Le due religioni naturale e soprannaturale concordano dunque nel comandarci d'amare Iddio sopra ogni cosa ed il prossimo come noi stessi. Intanto siccome Iddio è onnipotente ed onnisciente, siccome ogni cosa è voluta o permessa da Dio, così noi dobbiamo, come ci insegna la religione cristiana, pregarlo di farci la grazia di camminare nella via della verità e della giustizia, di liberarci dai mali,

di benedirci, ecc. ecc. ecc. Deh fate, o onnipotente Iddio, che, per la gloria vostra ed il bene dell' umanità, presto nasca il tanto desiderato armonico accordo tra la religione e la scienza, tra la Chiesa e lo Stato, e tra i diversi Stati.

Ogni essere va studiato sotto il punto di vista matematico, geometrico, cinematico, meccanico, statico, dinamico, fisico, metafisico, razionale e religioso. In ogni essere bisogna vedere il tempo e l'eternità; il contingente e l'assoluto; il finito e l'infinito; l'identico ed il diverso; l' ente materiale e l'ente spirituale; la materia, la forma ed il moto; l'uno ed il moltiplice; il centro e la circonferenza; la statica e la dinamica; l'azione, la reazione ed il loro prodotto; la quantità, la qualità e la relazione; il reale ed il razionale; il punto ed il momento; il presente, il passato e l' avvenire; l'ordine, l'accordo e l'armonia, in una parola tutto ciò che contiene. Imperocchè le viste ristrette e parziali, se non sono accordate ed unificate insieme, non servono che all'errore, per vedere bene, per cogliere nel vero e nel giusto bisogna vedere tutto.

In quest'opera gli esseri sono studiati in tutte le loro parti ed ordinati come si trovano nello spazio e si succedono nel tempo. Il nuovo sistema della Natura che in essa si edifica e sviluppa comprende tutte le filosofie, tutte le intuizioni dei più potenti pensatori, le riduce, depurandole dagli errori, ad una suprema Unità, e le accorda con la scienza. L'intiera opera sarà contenuta in un solo volume diviso in tre parti. La prima parte che vede ora la luce tratta degli esseri molecolari. La seconda parte tratterà degli esseri astronomici in generale ed in particolare della terra. La terza parte degli esseri vegetabili e di quelli animali. In quest'opera si studia il creato per conoscere come è, per trovarvi il buono e l'utile, e sopratutto il Creatore e le supreme leggi morali che debbono guidare gli uomini nel cammino della loró vita individuale e sociale.

Torino, 21 dicembre 1870.

G. Gallo.

PARTE PRIMA

CAPITOLO I.

Generalità sulla materia, sul moto e sugli esseri naturali.

L'universo consiste in un principio materiale che si manifesta muovendosi nello spazio e durando nell'eternità. Nella cosa che informa l'universo ossia nella materia si distinguono per astrazione due principii, il principio materiale che sostiene il moto, ed il principio di attività che è causa del moto. La materia è un esteso composto, impenetrabile, mobile, mutabile, generato, infinito e divisibile in parti finite. Lo spazio è un esteso puro, semplice, penetrabile, immobile, immutabile, eterno ed infinito che può colla mente concepirsi diviso in un numero infinito di estensioni finite. L'eternità è un inesteso semplicissimo, immutabile, di durata infinita, che si può concepire divisa in un numero infinito di durate finite. La materia dipende dallo spazio e dall'eternità, e può concepirsi annichilata: lo spazio dipende dall'eternità, e non può, come questa, concepirsi annichilato: l'eternità è un assoluto indipendente. Nell'ordine logico l'eternità è anteriore allo spazio; lo spazio è anteriore alla materia. Annientando col pensiere tutte le cose ci rimane lo spazio, il luogo in cui tutte le cose erano, e l'eternità in cui duravano.

I due principii che insieme combinati formano la materia, presi separatamente sono insensibili, invisibili, non hanno cioè, umanamente parlando, esistenza, sono due non esseri. Il principio di attività non è perchè gli manca il punto di appoggio che rende sensibile ed esistente la sua azione; il

principio materiale non è perchè gli manca l'attività che lo fa muovere e diventare essere. Tutto ciò che è composto è nato dalla combinazione dei suoi componenti, la materia è una cosa composta, essa quindi non è eterna, ma incominciò ad essere quando i suoi principii costituenti si sono insieme riuniti, ossia quando « la potenza attiva che crea il moto, il cangiamento si è incarnata nel principio materiale, resistenza passiva che lo subisce (Aristotele) ».

Di nulla, di cose non esistenti far cose esistenti chiamasi creare; solo Iddio ha la potenza di creare, la materia è dunque stata creata da Dio, il quale nel crearla rese sensibile, visibile ed esistente, cioè che prima non lo era. « Le cose che si vedono non sono fatte di cose apparenti (Ebr. XI. 3) ». *Ex invisibilibus visibilia facta sunt* (S. Paolo).

L'ente non solo creò l'esistente dal nulla, ossia trasfondendo l'attività in un non ente, ma lo dotò di virtù tali perchè potesse attuare e manifestare l'idea, il tipo stato *ab aeterno* concepito dalla sua suprema intelligenza. La materia è dotata di due virtù contrarie ed opposte, repulsiva ed attrattiva. Il principio di attività si compone quindi di due elementi dinamici, di due forze, l'una delle quali agisce come potenza, e l'altra come resistenza, sul principio materiale, ossia sul fulcro. La materia si può considerare come una leva immensamente grande composta di tre elementi, l'uno dei quali non può esistere senza gli altri due, perchè la potenza non può esistere senza la resistenza ed il fulcro, e reciprocamente. Siccome la materia è nello spazio e dura nel tempo così in essa si debbono distinguere cinque elementi, il tempo, lo spazio, l'elemento repulsivo, l'elemento attrattivo, e l'elemento materiale. In questi cinque fattori risiede la causa del moto. La materia se non si muovesse sarebbe sempre la stessa; cangia e diviene diversa muovendosi « essa partecipa quindi della natura dello stesso e di quella del diverso (Platone) ».

Come l'estensione finita è una porzione dell'estensione infinita, così il tempo, la durata finita è una porzione dell'eternità, della durata infinita. Prima che vi fosse il tempo

misuratore del mutabile vi era l'eternità immutabile, la quale senza cessare d'essere si manifestò anche in forma di tempo. La materia ed il tempo hanno incominciato ad essere nell'istante che il principio d'attività si è incarnato nel principio materiale; il moto incominciò ad essere nell'istante in cui la materia operò in modo da generarlo.

La ragione guidata dallo studio degli oggetti esterni e dalle intuizioni della mente ci conduce ad ammettere che la materia appena creata si è estesa all'infinito nell'infinità dello spazio, e poi si è condensata in un numero infinito di centri di attività, di forme, di leve finite diverse fra le quali vi è rimasta della materia continua estremamente rarefatta. La materia condensata in forme finite chiamasi dai fisici *materia ponderabile, massa*, l'altra *etere*. L'uno materiale generò agendo e reagendo il moto, causa del mutabile e del moltiplice. La materia si è mossa e condensata in un numero infinito di forme diverse per poter produrre un numero infinito di moti diversi. L'unità materiale muovendosi nello spazio unità immateriale, immobile, immutabile, eterna ed infinita, genera un numero infinito di unità materiali, mobili, mutabili, temporarie e finite. La durata, il tempo di ciascuna unità finita incomincia nel momento in cui la materia si modella in modo da generare quell'unità, dura finchè durano i moti proprii di essa, e finisce quando questi finiscono per convertirsi in altri moti e generare altre unità, altre forme. La materia ed il moto creati da Dio possono subire un numero infinito di mutazioni ma non possono essere annientati che da Dio. La quantità totale di materia e di forza è sempre la stessa.

I centri dinamici in cui trovasi divisa la materia ponderabile si muovono e si agitano dentro l'etere il quale propaga il moto da uno ad un altro centro, e li mette in relazione tra di loro. Il moto è la cosa che dalla possibilità passa alla realtà (Aristotele), è il passaggio di una cosa da un luogo ad un altro. Per luogo occupato da una cosa intendo la relazione di posizione della cosa rispetto a quella di un'altra cosa o di altre cose. Il moto è prodotto dall'attività della materia, è immateriale come il principio da cui è prodotto.

Nel moto oltre la causa che lo produce si debbe distinguere la direzione e la velocità. La materia ponderabile ha in sè la causa del moto ma non quella della sua direzione e della sua velocità, o con altre parole contiene in sè la causa dell'essere ma non quella del modo d'essere, giacchè il modo di muoversi di un centro dinamico dipende dal modo di muoversi degli altri. L'attività è spontaneità, è causa di moto; la materia attiva debbe quindi necessariamente muoversi. Se il moto è una necessità della materia, non è ugualmente una necessità della materia il muoversi anzi in una che in un'altra direzione, anzi con questa che con quella velocità. Ciò che produce il moto è l'attività, la forza, ciò che presiede alla direzione ed alla velocità del moto è il rapporto che passa tra i diversi centri dinamici; il rapporto che passa tra le cose chiamasi ragione. La ragione è dunque il principio immateriale inesteso, indivisibile che regola la direzione e la velocità del moto. La forza è la causa reale del moto, la ragione è la causa razionale. Il moto è dunque prodotto dalla forza diretta dalla ragione. La materia dapprincipio si muoveva senza ordine e senza metodo e formava il caos consistente in forme, in esseri irregolari e fugaci che appena nati perivano per generarne degli altri, essendochè le cose che non sono nell'ordine non possono durarvi (Vico). In seguito diretta ed ammaestrata dalla ragione divina ossia dalla ragione che la guida nella via dell'ordine, dell'equilibrio e dell'armonia, imparò a poco a poco a muoversi con metodo e secondo leggi costanti ed invariabili, ed a generare delle forme regolari e stabili.

Il moto, avuto riguardo alla direzione chiamasi rettilineo o curvilineo secondo che la linea che descrive è una retta od una curva. I moti curvilinei si distinguono gli uni dagli altri dalla natura della linea curva che hanno descritta, la quale può variare all'infinito: il moto è circolare allorchè la curva è una circonferenza di cerchio; parabolico allorchè è una parabola.... Il moto sia rettilineo che curvilineo può effettuarsi sempre per lo stesso verso, oppure ora per un verso e ora per un verso contrario. Nel primo caso dicesi *continuo*,

progressivo, e nel secondo caso *alternativo*, *vibratorio*. La lunghezza della linea descritta in un dato tempo da un centro in moto chiamasi lo spazio percorso in questo tempo. Se due centri muovendosi per eguale tempo percorrono spazii ineguali, quello che percorre spazio maggiore, si dirà che si muove più presto, che ha maggiore velocità dell'altro; se i due centri impiegano tempi diseguali a percorrere lo stesso spazio, il più veloce è quello che impiega meno tempo. La velocità è dunque in ragione diretta degli spazii ed in ragione inversa dei tempi, o con altre parole è il rapporto dello spazio percorso dal mobile al tempo impiegato a percorrerlo. Il moto è uniforme o vario secondochè la velocità è costante o variabile. Nel moto uniforme la velocità v, lo spazio percorso s ed il tempo t sono collegati dall'equazione $v = \frac{s}{t}$ che è la traduzione algebrica della definizione della velocità. Fra gli infiniti moti varii si distingue l'uniformemente vario che può essere uniformemente accelerato o uniformemente ritardato.

Se il moto può variare all'infinito ed in quanto alla velocità, ed in quanto alla direzione ossia in quanto alla natura delle linee descritte ed al tempo impiegato a descriverle, ne viene per conseguenza che infinito è il numero delle specie di movimento. Lo stesso centro, la stessa forma può inoltre essere animata da un grande numero di moti relativi diversi per la direzione e per la velocità. Il moto assoluto (sotto il quale nome si intende il passaggio di un centro da uno in un altro luogo dello spazio) di una cosa animata da più moti relativi, è uguale a zero quando lo spazio che alcuni moti relativi le fanno apparentemente percorrere in un verso, è uguale a quello che altri moti relativi le fanno apparentemente percorrere in un verso contrario ed opposto. Un centro può quindi muoversi ed occupare sempre lo stesso luogo dello spazio.

Il principio d'attività, la forza produce il moto mediante impulsioni continue o temporarie. Il moto può essere l'effetto di una o più impulsioni. Le forze, le cause non possono co-

noscersi nè misurarsi altrimenti che dai loro effetti che sono eguali alle cause. Le forze sono eguali alle impulsioni, le quali sono eguali alla quantità di movimento ossia $= MV$, in cui M indica la quantità di massa messa in moto, e V il grado di velocità. La quantità di materia che forma una massa è $= SD$ oppure $= SE$ in cui S esprime il volume della massa, D il grado di densità, ed E il grado di tensione, di elasticità. Dalla quantità di movimento si conosce la quantità di forza; dalla direzione del moto si conosce la direzione in cui agisce la forza; dal grado di velocità del moto si conosce il grado di intensità della forza. Ogni massa, a parità di densità dell'etere in cui si muove, descrive muovendosi spazi eguali in tempi eguali. Se si contrae lo spazio che descrive guadagna in lunghezza quanto perde nelle altre due dimensioni; o con altre parole la massa perde in volume quanto guadagna in velocità, essendochè l'intensità degli impulsi è proporzionale al grado di tensione e di densità delle masse. Se la massa si espande lo spazio che descrive perde in lunghezza quanto guadagna nelle altre due dimensioni, ossia guadagna in volume quanto perde in velocità. In ciò risiede la causa della legge delle aree. In ogni massa in moto si debbono distinguere tre forme simili: la forma della massa, la forma che muovendosi descrive nell'etere, e la forma che si propaga con immensa velocità per l'etere, ossia la forma materiale, la forma viva, e la forma ideale. Ogni massa in quanto comunica le sue forme vive alle altre agisce, in quanto riceve le forme ideali provenienti dalle altre masse reagisce. L'azione è simile ed opposta alla reazione. L'azione si può considerare come una forma in rilievo che dipinge un eguale forma in concavo nelle masse su cui arriva. Ogni massa in quanto manda le sue forme vive alle altre masse si fa da queste sentire, in quanto riceve le forme ideali delle altre masse le sente, in quanto poi agisce e reagisce sente se stessa. Ogni massa dunque sente se stessa, sente le altre masse, ed è da queste sentita. Le masse dividonsi in masse elementari dette anche atomi, masse atomiche, ed in masse complesse. Le masse elementari furono generate dalla diretta

condensazione della materia primordiale. Le masse complesse risultano da più masse elementari. Le masse partecipano degli attributi della materia ed hanno come questa la virtù di cospirare e gravitare intorno a dei punti. La materia una cospirando e gravitando verso un numero infinito di punti generò il moltiplice: il moltiplice ossia le masse atomiche cospirando e gravitando verso dei punti si unificano componendosi in risultanti in masse di più in più grandi e ritornano all'uno. Una tale virtù delle masse chiamasi principio d'individuazione. Il punto verso cui le masse cospirano chiamasi io, o soggetto; le masse cospiranti verso l'io, costituiscono il *me:* il tutto ossia il sistema che ne deriva per una tale cospirazione chiamasi individuo, persona: la risultante dinamica che nasce costituisce ciò che Leibnizio chiama monade, ed altri chiamano anima; il principio materiale delle masse così ordinate costituisce ciò che chiamasi corpo. La monade, l'anima è ciò che comprende nell'unità la pluralità, che riduce il moltiplice all'uno: il corpo è ciò che rende manifesta l'anima. Dalla cospirazione di più masse atomiche verso un punto è nato un sistema, un individuo di primo ordine detto individuo chimico; dalla cospirazione di più individui chimici verso un punto è nato un sistema, un individuo di secondo ordine detto individuo fisico; dalla cospirazione di più individui di secondo ordine verso un punto, è nato un individuo di terzo ordine, e così di seguito forse fino all'infinito. L'io di un individuo nel cospirare verso un punto per generare un altro io, diventa me rispetto all'io che forma senza cessare di essere io rispetto ai soggetti da cui è formato. Lo stesso dicasi della monade, dell'anima. In ciascun individuo si debbe dunque distinguere l'io ed il me, l'anima ed il corpo. Negli individui complessi il me opera anche come io, negli individui elementari ossia nelle masse atomiche il me non opera più come io. Le masse elementari sono animate di tre generi di movimento, moto vibratorio, moto progressivo e moto rotatorio. Gli individui minori girano ed oscillano intorno all'io, al centro dell'individuo maggiore che formano ed acquistano ad ogni individuazione due nuovi ge-

neri di movimento, di guisa che tanto più complesso è un individuo, tanto maggiore è il numero dei movimenti di cui è animato. Se gli individui elementari sono animati di tre generi di movimento, gli individui di primo ordine sono animati di cinque generi, quelli di secondo ordine di sette generi, e così di seguito. Ogni genere di moto si divide in più specie a seconda della forma che descrive, ogni specie si divide in più varietà a seconda del tempo impiegato a descriverla. Gli individui, a parità di grado di complicazione, possono avere forme diverse ed essere quindi animati di moti differenti. La forma propria di un individuo costituisce il suo essere, quella che muovendosi descrive il suo modo d'essere, quella che si propaga per l'etere il suo essere ideale. La natura della monade di un individuo, varia al variare della forma dell'individuo, ossia della natura, del numero e della disposizione delle componenti di cui la monade è la risultante. Lo stesso dicasi dell'io.

Chiamasi qualità, proprietà il prodotto dell'azione e della reazione. Le qualità variano al variare delle azioni e delle reazioni, e siccome infinito è il numero delle specie delle azioni, dei moti così infinito è il numero delle varietà delle qualità. La materia coll'individuarsi in esseri di più in più ordinati e complessi acquista delle forme, dei moti, e quindi delle qualità nuove, persino quella di conoscere se stessa. La cognizione, l'intelligenza, il ragionamento... sono qualità della materia, o più rigorosamente del principio immateriale che fa muovere il principio materiale il quale si limita a rendere sensibili gli attributi, le qualità del primo. Le qualità del moto, dello spirito, dell'inesteso si rendono manifeste per mezzo di un esteso privo di qualità. L'esteso materiale è e vive perchè si muove, se non si muovesse non sarebbe. « Il moto è inerente in tutti gli esseri come una certa *vita* che è in tutti gli esseri che per natura sussistono (Aristotele) ». Cercare di conoscere quale sia l'intima natura della materia, dell'essere che è causa della forma, del moto e della qualità, ecco lo scopo della scienza prima chiamata *ontologia*. Questa scienza è dal lato delle cause prime legata

con la teologia, e dal lato degli effetti colle scienze speciali. Per camminare nella via della verità debbe muoversi in modo da trovarsi d'accordo con quella e con queste; e soprattutto colla geometria che studia e misura le forme, e colla meccanica che studia e misura i moti.

L'ontologia se studia i principii che la legano con Dio chiamasi *ontologia metafisica*, se esamina le forme vive che sono causa dei fenomeni naturali chiamasi O. *fisica*. L'ontologia fisica se investiga le forme degli esseri chiamasi *anatomia;* se ne studia le azioni, i moti chiamasi *fisiologia;* se investiga come le parti si accordano e si costituiscono in equilibrio per formare gli esseri dicesi *statica;* se misura le forme che gli esseri descrivono ed il tempo che impiegano a descriverle dicesi *dinamica*. L'ontologia fisica a seconda della categoria degli esseri che studia chiamasi O. *chimica*, O. *botanica,* O. *zoologica*, O. *geologica*, O. *astronomica*... In ogni essere particolare si debbe distinguere non solo la forma ed i movimenti di cui è animato, ma ancora le relazioni che ha cogli altri esseri, relazioni sotto l'impero delle quali è nato e si manifesta in quel dato modo per obbedire alle leggi dell'ordine e dell'armonia. Ogni essere va quindi studiato sotto i punti di vista anatomico e fisiologico, statico e dinamico, e delle relazioni ossia sotto il punto di vista filosofico. Ogni categoria di esseri ha quindi la sua particolare filosofia.

L'ontologia è la scienza delle scienze, la filosofia universale che comprende in se unificandole le filosofie, le generalità delle diverse scienze speciali; è l'unitòtalità che riduce ad una suprema unità tutto l'umano scibile.

L'ontologia è la scienza dell'essere in sè, dell'essere degli esseri ossia della materia infinita generatrice di tutti gli esseri finiti. In Italia non si dovrebbe più oltre differire ad instituire nelle principali Università una cattedra di ontologia, onde accordare il razionalismo dei tedeschi coll'empirismo dei francesi, col dinamismo degli inglesi... in una parola il pensiero umano col pensiero della natura.

CAPITOLO II.

Atomi e molecole chimiche.

Gli atomi sono masse semplici , indivisibili nate dalla diretta condensazione della materia primordiale: risultano come questa da cinque elementi, tempo, spazio, elemento repulsivo, elemento attrattivo, ed elemento materiale che sono causa del primo effetto ossia del moto. Oltre la composizione, negli atomi si debbe distinguere la forma, la quantità di materia da cui sono formati, il grado di condensazione della materia, i moti da cui sono animati e la relazione che offrono tra di loro, e con l'etere in cui si muovono.

Gli atomi possono presentare tutte le forme della geometria; possono avere una forma sferica, ellitica, stellata, tetraedrica, cubica, romboedrica, prismatica...

Gli atomi, attesa la loro estrema piccolezza, essendo invisibili, non si può giungere a conoscere la loro forma che per mezzo di congetture più o meno probabili, ed anche in questo modo i scienziati non sono ancora arrivati a stabilirla. Nulla si può dunque dire di probabile circa la forma degli atomi. Io penso che sia sferica o stellata.

La quantità di materia (Q) che forma gli atomi è $=$ SD in cui S esprime il volume e D il grado di densità della materia. A parità di condizioni il prodotto SD è proporzionale al grado di intensità con cui gli atomi gravitano sopra i centri maggiori che formano, o con altre parole è proporzionale al loro peso. Non si conoscono mezzi per determinare il peso assoluto degli atomi. I chimici fondandosi sul peso dei corpi e sull'insieme delle loro qualità sono giunti a determinarne il loro peso relativo, ed hanno colle loro indagini già scoperto nella terra più di 67 specie atomiche differenti per il peso e per le proprietà dei corpi che formano. Gli atomi i più leggieri sono quelli che formano il corpo chiamato idrogeno, i più pesanti quelli del bismuto. Negli

altri astri vi possono esistere atomi più leggieri di quelli dell'idrogeno, ed atomi più pesanti di quelli del bismuto. Fatto eguale ad uno il peso atomico dell'idrogeno, quello del bismuto è 210: le altre specie atomiche (carbonio 12, azoto 14, solfo 32, argento 108, mercurio 200, piombo 201...) hanno un peso atomico intermedio. Si era supposto da Prout che il peso delle diverse specie atomiche fosse un moltiplo esatto del peso atomico dell'idrogeno, ma l'esperienza ha smentita quest'opinione, essendosi trovato che il peso atomico del cloro è 35, 50, quello del rame 63, 50, quello dello zinco 65, 25. Si suppone ora da alcuni chimici che i pesi dei diversi atomi sieno un moltiplo di un quarto del peso atomico dell'idrogeno. Ma anche quest'idea non riceve la sanzione dell'esperienza, perchè il peso atomico del potassio sembra essere 39, 10...

Vi sono due opinioni sulla struttura della materia che forma gli atomi. Alcuni pensano che sia continua, altri opinano che sia costituita di parti infinitamente piccole collocate a distanze infinitesime. Anassagora, Newton, Dumas e molti altri sono della seconda opinione. Anassagora insegnava che *ab eterno* esisteva la materia informe ed inerte, il caos composto di tante particelle similari, cui dava il nome di omeomerie, che l'intelligenza suprema impresse il moto a questa materia in prima circolare: le parti discordi si disgiunsero, le concordi si unirono e formarono gli atomi.

Newton ammette, che all'origine delle cose, Iddio formò la materia di tale maniera che le sue particelle primigenie, da cui doveva in seguito sortire tutta la natura corporea, fossero solide, stabili, dure, impenetrabili e mobili, con tali grandezze e figure, ed inoltre tali proprietà, in tale numero e tale proporzione che conveniva, in ragione dello spazio in cui dovevano muoversi, e di tale maniera che desse potessero meglio raggiungere i fini per cui erano formate. Queste particelle primigenie, essendo completamente solide sono incomparabilmente più dure che qualunque corpo composto. Desse non possono essere nè logorate nè frazionate. Dall'unione di più particelle primigenie sarebbero nati gli atomi da cui dipendono i fenomeni chimici. Dumas è d'opinione che gli

atomi dei chimici risultano dall'unione di più atomi il cui peso sarebbe un sotto moltiplo di quello dell'idrogeno. Questi atomi sarebbero le omeomerie di Anassagora. In quest'ordine d'idee il principio materiale trovavasi in origine diviso in un numero infinito di parti similari, le quali nell'atto che ricevettero da Dio l'attività, si sono in parti diffuse ed hanno generato la materia sottile ossia l'etere, e poi si sono combinàte in numero e modi diversi ed hanno generato gli atomi ed in seguito le altre cose. Platone, Aristotele e tanti altri pensano che la materia è una cosa elastica, continua, informe e capace di ricevere tutte le forme. Platone paragona la materia ad una pasta malleabile ad una verga d'oro, e dice che è per se stessa priva di forma, che non vi è alcuna forma che essa non riceva, e che diviene divisibile divenendo corpo. A proposito del principio materiale che egli chiama anche materia, scrive che prima di ricevere le forme non è visibile; e perciò non è nè aria, nè terra, nè acqua: dopo la ricezione delle forme diviene visibile, tangibile e corporea, e perciò diviene fuoco, aria, acqua e terra; sotto questo secondo aspetto la materia nasce sempre e non è esistente giammai: sotto il primo è improdotta ed eterna. Io penso che gli atomi chimici, finchè non si giunge a dividerli, siano formati di quantità diverse di materia continua ed elastica.

Come nel calcolo vi ha la teoria dei limiti e quella degli infinitesimi, così anche circa la struttura della materia vi ha la teoria che considera gli atomi come limiti di divisione, e quella che li considera ancora costituiti di parti più piccole. Coloro i quali non possono concepire come una cosa elastica continua possa variare di forma, di volume e quindi di densità, si attengano pure all'altra ipotesi, che i fenomeni naturali si spiegano egualmente tanto con l'una che con l'altra.

I due elementi dinamici attrattivo e repulsivo agiscono continuamente, ora l'elemento attrattivo fa contrarre l'atomo ora l'elemento repulsivo lo fa spandere, mentre l'elemento attrattivo produce la contrazione dell'atomo, l'altro elemento

gli dà un impulso e gli comunica un moto progressivo, mentre poi l'elemento repulsivo produce l'espansione dell'atomo, l'altro elemento gli dà un impulso e gli comunica un moto rotatorio.

« L'amore (principio attrattivo) e l'odio (principio repulsivo) hanno due signorie, ma alternanti e separate tra loro: comincia l'impero dell'odio quando finisce quel dell'amore, e declinando la signoria dell'inimicizia, l'amicizia ritorna ai suoi primieri onori..... e sì a vicenda prevalgono che gli estremi dell'odio occupa l'amore, e l'inimicizia quei dell'amicizia (Empedocle) ».

Ogni atomo è quindi animato di tre generi di moto, i quali variano di specie a seconda della forma dell'atomo e delle condizioni estrinseche in cui si trova. Gli atomi si muovono e si agitano nell'etere, il quale concepisce un analogo movimento e propaga gli impulsi, i moti da uno ad un altro atomo, dimodochè il modo di muoversi di un atomo è subordinato al modo di muoversi dell'etere, ed il modo di muoversi dell'etere dipende dal modo di muoversi dei diversi e molteplici atomi. In ogni atomo si debbe distinguere gli impulsi proprii dell'atomo e quelli che riceve dal di fuori, i quali, a parità di condizioni, sono proporzionali al volume dell'atomo. La direzione e la velocità dei moti atomici o con altre parole il modo d'essere di un atomo è un effetto che dipende dalla forma dell'atomo e dalle relazioni che presenta coll'etere e cogli altri atomi. La materia tende all'ordine ed all'equilibrio, e gli atomi in virtù di questa legge si muovono in guisa che i moti degli uni si accordino e sieno in armonia con quelli degli altri.

Gli atomi, contrariamente a quanto si è da taluni ammesso, non sono eterni ma furono generati, non sono semplici ma composti, non si muovono nel vacuo ma dentro l'etere, il loro moto non è fortuito ma regolato dalla ragione, la quale è governata da Dio.

« Non cape, nè capirà in intelletto umano, che il mondo, il quale spira ordine, sapienza ed armonia sia opera del cieco e dello stolto accidente. Ciascuna parte di un essere

forma un sistema, un sistema forma tutte le sue parti; un sistema tutti gli esseri, che tra loro legati corrispondono tutti al gran disegno dell' universo... Ma senza più travagliarci a dimostrare ciò che è chiarissimo, l'esistenza di un sommo fattore, oltre all'essere scritta nell'animo nostro, si legge nei cieli ed a noi perviene da ogni angolo della terra. Da che Anassagora disse agli uomini, la mente divina con singolare magistero e giuste leggi invariabili aver ordinato la materia, niuno vi fu che nol consentisse. Il popolo d'Atene alzò allora un tempio a Dio, qual supremo fabbro degli esseri, ed onorò quel filosofo del sopranome di *Mente* (C. Cantù) ». Aggiungasi che il principio che fa muovere l'atomo ossia la monade atomica è immateriale ed inesteso ed opera come se si trovasse condensata nel centro dell'atomo. Il modo d'agire della monade dipende dalle condizioni intrinseche ed estrinseche in cui si trova l'atomo, dimodochè ciò che si è detto degli atomi si può dire delle monadi atomiche.

Che la materia ponderabile abbia una struttura atomica e non sia divisibile all'infinito è un fatto soggettivo ad un tempo ed oggettivo, ossia è un fatto interno ed esterno. È un fatto interno perchè fu intuito da Metrodoro, Democrito, Leucippo, Epicuro e da tanti altri profondi pensatori. È un fatto esterno perchè le qualità dei corpi e segnatamente le leggi che governano le chimiche trasformazioni non si possono spiegare senza ammettere che i corpi sieno formati di atomi, ossia di parti che non si possono ulteriormente dividere. Si è riconosciuto che ogni corpo elementare opera nelle chimiche trasformazioni con una certa quantità fissa e costante, oppure con un moltiplo esatto di questa quantità minima, la quale varia a seconda della natura del corpo.

Dall'unione e dalla concordia nasce la forza. Il moltiplice nato dall'uno ritorna per mezzo dell' individuazione all'uno. « Ora nasce dall' uno il più, ora l' uno dal più si forma, quando amicizia, del cerchio, in cui si volge al centro arriva; tutte le cose allor vanno ad unirsi — per far l'uno; ma a poco a poco il fanno, — base a base di qua di là

giungendo (Empedocle) ». Più atomi individuati insieme formano una molecola chimica, ossia un sistema, un organismo immensamente piccolo. Nell'atto dell' individuazione le forze ossia le monadi atomiche formano, componendosi in risultante la monade chimica, e soggettivandosi intorno ad un punto l'*io* che presiede all'ordine ed all'armonia della molecola. Gli atomi nell' individuarsi in molecole chimiche guadagnano in forza ed in numero di movimenti, e perdono in direzione ed in velocità, cioè non sono più liberi di muoversi in tutte le direzioni e con tutte le velocità possibili, ma solo nelle direzioni e con le velocità che sono d'accordo ed in armonia con quelle degli altri, e che sono richieste dalla ragione di esistere delle molecole. Il modo di muoversi di un atomo debbe essere tale da non contrariare e da poter coesistere col modo di muoversi degli altri. La libera azione di un atomo ha per limite la libera azione degli altri: ogni atomo finchè fa parte di una molecola, obbedisce alle leggi in grazia delle quali la molecola è nata e si mantiene esistente. L' atomo soggettivo conserva i generi di movimento che aveva prima di costituirsi *io* ossia centro della molecola, e guadagna in forza perchè verso di lui cospirano gli impulsi degli altri atomi. Gli atomi oggettivi acquistano due nuovi generi di movimento cioè un moto di rivoluzione ed un moto di contrazione e di espansione intorno al soggetto; i loro impulsi traslativi si compongono in risultante ed il loro moto di traslazione da proprio diviene comune a tutto il sistema e subordinato a quello del soggetto verso il quale gravitano. Gli atomi di una molecola gravitano non solo verso il centro ma ancora tra di loro. Chiamasi affinità chimica la forza attrattiva che unisce e mantiene uniti gli atomi in modo da formare la molecola chimica. L'affinità chimica, a parità d'armonia e delle altre condizioni, è in ragione diretta delle masse atomiche, ed in ragione inversa del quadrato della distanza. Si giudica del grado di affinità chimica dal grado di stabilità delle molecole o con altre parole dal grado di resistenza che oppongono per essere decomposte.

Nelle molecole oltre la statica ossia il modo con cui gli

atomi si sono insieme accordati ed equilibrati per generale si debbe distinguere la forma, la massa, il volume, i moti da cui sono animate, le relazioni interne, le relazioni esterne, le qualità di cui sono dotate, e le trasformazioni che possono subire. La forma è un effetto, una funzione della specie, del numero e della disposizione degli atomi. Le molecole diconsi *omogenee* se risultano da atomi della stessa specie, *eterogenee* se risultano da atomi di specie diverse. Vi sono tanti generi di molecole omogenee quante sono le specie di atomi. Il numero dei generi di molecole eterogenee è indefinito. Le molecole sono fatte da due o più atomi. Non si conosce alcun metodo per determinare il numero assoluto degli atomi che formano le molecole. I chimici studiando comparativamente le proprietà dei corpi, sono giunti a stabilirne il numero relativo. Se si suppone che le molecole chimiche dell'idrogeno sieno fatte da due atomi HH, quelle degli acidi cloridrico HCh, bromidrico HBr, iodidrico HI, fluoridrico HF, del sale marino NaCh, del cloro ChCh e della massima parte dei corpi elementari sono anche formate da due atomi; quella dell'acqua H^2O, dell'idrogeno solforato H^2S, della selce SiO^2, dell'anidride carbonica CO^2, sono formate da tre atomi; quelle dell'anidride solforica SO^3, dell'ammoniaca NH^3, da quattro, quelle del sal nitro KNO^3, del carbonato di calce $CaCO^3$, da cinque, quelle del solfato di calce $CaSO^4$, del solfato di ferro $FeSO^4$, da sei, quella del solfato potassico K^2SO^4, da sette, quella dell'alume $KAlS^2O^8$, da dodici atomi... Le molecole dei corpi minerali non contengono in generale più di nove o dodici atomi. Nella massima parte dei minerali, gli atomi sono uniti nei seguenti rapporti come 1:1, 1:2, 1:3, 2:3, 2:5, 2:7. In questi ultimi tempi Marignac e Debray sono giunti a produrre dei composti minerali (fosfomolibdati) le cui molecole contengono 60 e più atomi. I corpi organici sono in generale formati da molecole contenenti un notevole numero di atomi. Quelle che formano le materie proteiche (albumina, fibrina, caseina...) ne contengono il massimo numero. Le molecole della fibrina $C^{149}H^{228}N^{40}O^{46}S$ contengono 464 atomi.

Gli atomi che formano le molecole congiunti insieme per mezzo di rette ideali generano le figure diverse della geometria, le quali, stante la loro estrema piccolezza, non possono essere determinate che per mezzo di congetture. Quando gli atomi sono in numero di due possono essere distribuiti in modo da produrre una retta polare od equatoriale secondochè l'atomo oggettivo occupa la prima o la seconda regione della molecola. Quando sono in numero di tre possono essere distribuiti sul prolungamento della stessa retta polare od equatoriale, oppure in modo da formare triangoli diversi. Quando sono in numero di quattro possono ancora essere distribuiti sul prolungamento della stessa retta, oppure in modo da produrre tetraedri o poligoni diversi.... Gaudin in questi ultimi tempi si fece a determinare per mezzo di congetture le forme di molte specie di molecole chimiche. Intanto se le forme delle molecole riesconó poliedriche quando si uniscono gli atomi per mezzo di rette, riescono poi rotondate se vengono riuniti per mezzo delle curve che descrivono girando intorno al centro della molecola.

Il numero ed il modo di combinazione degli atomi nelle molecole chimiche è un effetto che dipende dalla natura degli atomi e dalle condizioni estrinseche in cui si trovano. I chimici chiamano *atomicità, valenza* la capacità di combinazione degli atomi. Essi hanno riconosciuto che supposta eguale ad uno la valenza dell'idrogeno, erano pure monovalenti il cloro, il bromo, il iodo...., bivalenti l'ossigeno, il solfo, il calcio..., trivalenti o pentavalenti l'azoto, il fosforo, l'arsenico... tetravalenti il carbonio, lo stagno, il silicio... Il grado di valenza di un elemento può variare se cangiano le condizioni estrinseche in cui si trova. Gli atomi d'ossigeno in certe condizioni si combinano a due a due e formano l'ossigeno normale, in altre condizioni si combinano a tre a tre e formano l'ozono ossia l'ossigeno ozonico... Il ferro ora funziona come biatomico, ora con altre atomicità. Lo stesso dicasi della più parte degli elementi. La variazione delle condizioni estrinseche può non solo far variare il numero ma ancora il modo di combinazione

degli atomi; sotto il quale nome intendo l'ordine in cui gli atomi sono disposti e le distanze a cui sono collocati. Gli atomi di carbonio in certe condizioni si combinano in modo da formare il diamante, in altre condizioni si uniscono in guisa da formare la grafite o il nero fumo, o il carbone ordinario.

Nell'ordine ontologico ciò che i chimici chiamano *atomicità* si debbe considerare come raggio di attrazione. Gli atomi secondochè sono forniti di uno, due, tre o più raggi d'attrazione sono monovalenti, bivalenti, trivalenti, polivalenti. Il numero dei raggi d'attrazione o con altre parole la valenza degli atomi può essere una qualità costante e stabile, e può essere una qualità che varia al variare delle condizioni. Se è costante, allora per ispiegare le diverse combinazioni che formano le stesse specie atomiche, per ispiegare per esempio che un atomo di fosforo si trovi ora combinato con tre di cloro, ora con cinque, bisogna supporre che gli atomi possano funzionare ora con tutti i loro raggi di attrazione, ora solamente con una porzione di essi lasciando gli altri liberi e non equilibrati. Checchè ne sia la forma e la grandezza delle molecole chimiche è un effetto che dipende dalla natura degli atomi e dalle condizioni estrinseche ossia dalla legge generale dell'ordine e dell'equilibrio, la quale spinge gli atomi a generare delle molecole ordinate ed armoniche e capaci di ordinarsi ed armoneggiarsi in altre molecole d'ordine superiore.

La massa di una molecola chimica è uguale alla somma delle masse atomiche da cui è formata. La massa di una molecola di acqua H^2O è uguale $2+16=18$; la massa di una molecola chimica di pirite di ferro FeS^2 è uguale a $56+32+32=120$. Il volume di una molecola chimica è uguale al volume degli atomi che la informano, più le distanze a cui sono collocati. Nel volume di una molecola chimica trovansi inscritti e collocati a distanze diverse i volumi degli atomi. Il volume di una molecola può dunque variare indipendentemente da quello degli atomi: cresce se le distanze dei volumi atomici crescono e reciprocamente. Può essere che

le molecole chimiche siano dotate di un'atmosfera eterea con densità decrescente dal centro verso la periferia, e che il volume di una molecola cominci e finisca dove comincia e finisce la sua atmosfera, cioè là dove l'etere è un poco più denso di quello in cui le molecole si agitano e si muovono.

Ogni molecola chimica, fatta astrazione dei moti proprii degli atomi, è animata da tre generi di moto; cioè moto progressivo, moto vibratorio, e moto di rotazione. Il moto progressivo consiste in un movimento della molecola intorno ad un altro centro. Il moto vibratorio consiste nell'avvicinarsi ed allontanarsi degli atomi dal centro della molecola chimica. La vibrazione chimica comprende in sè le vibrazioni atomiche. Il moto di rotazione consiste nel girare degli atomi oggettivi intorno al centro. Questo moto che considerato nella molecola è rotatorio, se si considera negli atomi è progressivo e di rivoluzione. Se gli assi di rotazione delle molecole fossero diritti, gli atomi onde sono formati non potrebbero girare intorno al centro della molecola, ma siccome la materia ha la virtù di girare intorno ai centri dei sistemi che forma, per raggiungere un tale scopo inclina l'asse di rotazione e lo fa girare intorno ad una retta e quindi intorno al centro della molecola. Questa specie di moto chiamasi moto di precessione. L'asse di rotazione inoltre ora accresce ora diminuisce l'angolo che fa colla retta e compie così intorno alla medesima un'altra specie di movimento detto movimento di nutazione.

L'etere che trovasi fra gli atomi che formano una molecola chimica serve a metterli in relazione tra di loro, propagando i moti e quindi gli impulsi di un atomo agli altri. Il moto dell'etere interatomico da uno ad un altro atomo della stessa molecola chimica, costituisce la radiazione atomica. Gli atomi oggettivi irraggiano l'etere verso l'atomo centrale e nelle altre direzioni, l'atomo centrale irraggia l'etere verso gli atomi oggettivi. L'etere interatomico viene spinto con maggior potenza impulsiva ed affluisce in maggiore quantità dagli atomi che si muovono più velocemente verso quelli animati di minore velocità, e reciprocamente, di guisa che

i primi perdono ed i secondi guadagnano in velocità finchè siasi stabilito l'equilibrio. Le radiazioni atomiche sono cagionate dai moti proprii degli atomi, e segnatamente dalle vibrazioni atomiche. I moti proprii delle molecole chimiche vengono comunicati all'etere che trovasi tra le medesime, il quale li propaga dalle une alle altre e serve a metterle in relazione ed in armonia tra di loro. I moti eterei prodotti dalle molecole chimiche costituiscono le radiazioni chimiche. Ogni simile sente ed è sentito dal suo simile. Gli atomi sentono le radiazioni atomiche ossia i moti eterei generati dagli altri atomi; le molecole chimiche sentono le radiazioni chimiche. I moti atomici sono semplici, i moti delle molecole chimiche sono complessi, e comprendono in sè i moti atomici. Lo stesso dicasi delle radiazioni atomiche e delle radiazioni chimiche. Come per mezzo delle radiazioni atomiche gli atomi si mettono in relazione ed in equilibrio tra di loro così per mezzo delle radiazioni chimiche le molecole si mettono in relazione e si costituiscono in equilibrio tra di esse. In grazia delle radiazioni chimiche le molecole perdono o guadagnano in velocità se si muovono più o meno velocemente delle altre, ed i loro moti prendono una direzione tale che sia d'accordo con quella dei moti delle altre molecole, e qualora non possano ciò eseguire si trasformano in altre molecole capaci di raggiungere un tal fine.

Come le qualità atomiche sono il prodotto dell'azione e della reazione degli atomi gli uni sugli altri, così le qualità chimiche sono il prodotto dell'azione e della reazione delle molecole chimiche le une sulle altre. Le qualità variano al variare delle azioni e delle reazioni; le azioni e le reazioni variano al variare dei moti; i moti variano al variare delle forme, le forme variano al variare del numero, della disposizione, e della natura delle forme minori. Ciò posto le qualità delle molecole chimiche, a parità di numero e di disposizione, variano al variare della natura degli atomi, a parità di natura di atomi, variano al variare della disposizione, oppure del numero; a parità di natura degli atomi e di numero, variano al variare della disposizione...., di modo

chè con un piccolo numero di specie atomiche si può formare un numero indefinito di molecole chimiche diverse. Le molecole chimiche del cloruro di sodio NaCh, del ioduro di potassio KI, del bromuro di litio LiBr differiscono tra di loro per la natura degli atomi. Le molecole chimiche dell'ossido di carbonio CO, dell'anidride carbonica CO^2 differiscono per il numero degli atomi. Le molecole dell'acido benzoico C^7H^5O,HO dell'aldeide salicilica $C^7H^5O^2,H$ differiscono per la disposizione degli atomi. Gli atomi della stessa specie combinandosi tra di loro in numero ed in modi diversi, o semplicemente in modi differenti producono delle molecole chimiche diverse. Si conoscono difatti diverse specie di solfo, diverse specie di fosforo, di cloro, di silicio, di boro.... Vi è del solfo giallo e fragile, del solfo rosso e molle, del fosforo bianco e velenoso che si scioglie nel solfuro di carbonio, del fosforo rosso ed innocuo che non si scioglie nel detto liquido, del fosforo di color nero.... Giova intanto di aggiungere che gli atomi debbono modificare, come l'esperienza c'insegna che realmente modificano, il loro modo di operare a seconda della natura delle molecole chimiche di cui fanno parte e del posto che nelle medesime occupano, dimodochè gli atomi della stessa specie variano più o meno tra di loro nelle diverse molecole che formano, e nella stessa molecola giusta il luogo che occupano. Gli atomi che formano le molecole del fosforo bianco non sono perfettamente identici con quelli che formano il fosforo rosso. Gli atomi che occupano un dato posto nelle molecole dello stesso fosforo non sono affatto identici con quelli che occupano un altro posto. Lo stesso dicasi delle altre specie atomiche.

L'esistenza degli esseri è subordinata alle condizioni estrinseche; se queste cangiano, gli esseri si modificano, oppure si trasformano in altri esseri capaci di esistere nelle nuove condizioni. Ciò posto, le molecole chimiche, quando le condizioni di esistenza cangiano, modificano il loro volume ovvero si trasformano in altre molecole capaci di accordarsi con le nuove condizioni. Le mutate condizioni determinano le molecole a trasformarsi in quanto inducono le forze atomiche

a cangiare di direzione ed a comporsi in nuove risultanti per formare delle molecole, degli stromenti più equilibrati e più armonici di quelli che hanno cessato di essere, o con altre parole in quanto inducono la materia che opera in quel luogo a cangiare modo di manifestarsi, affine di mettere il suo modo d'essere, di divenire d'accordo col modo d'essere della materia che opera nei luoghi attigui e negli altri luoghi. Le molecole nel trasformarsi ora si dividono e generano un maggior numero di molecole più piccole, e quindi meno complesse; così una molecola d'acido ossalico $C^2H^2O^4$ collocata in opportune condizioni si decompone in tre molecole cioè una molecola d'acqua H^2O, una molecola d'anidride carbonica CO^2 ed una molecola d'ossido di carbonio CO; ora gli atomi di più molecole si combinano e generano delle molecole più complesse; così una molecola di anidride carbonica CO^2 ed una molecola di calce CaO portate a contatto per mezzo dell'acqua si combinano e producono una molecola di carbonato di calce $CaCO^3$; ora le molecole si trasformano barattando alcuni dei suoi atomi con altri di specie diversa, così per esempio nell'azione dell'acido solforico H^2SO^4 sullo zinco Zn, le molecole del primo scambiano H^2 con Zn e si convertono in solfato di zinco $ZnSO^4$; ora gli atomi senza dissociarsi si limitano a cangiare di posizione; così per es. le molecole dell'allumina Al^2O^3 sottoposte ad elevata temperatura cangiano di struttura ed acquistano delle nuove proprietà.

Le quattro indicate maniere di trasformazione possono offrire casi diversi e chiamansi la prima decomposizione, la seconda combinazione, la terza sostituzione e la quarta trasposizione. Nella decomposizione può avvenire che tutte le component iatomiche si disuniscano per unirsi in altre risultanti, oppure che si disuniscano soltanto alcune e le altre rimangano ancora unite nella medesima risultante. La combinazione è una trasformazione opposta alla decomposizione. La prima tende a formare delle molecole di più in più complesse, la seconda a produrre delle molecole di più in più semplici. La combinazione ora è preceduta dalla decompo-

sizione di tutte le molecole che prendono parte al conflitto chimico, ora alcune restano indecomposte e si combinano con gli atomi provenienti dalla decomposizione delle altre. Nella sostituzione un atomo sostituisce e può essere sostituito da uno o più atomi a seconda del modo d'essere degli atomi che sostituiscono e di quelli che sono sostituiti. La struttura delle molecole non cangia semprechè gli atomi sostituenti funzionino come quelli stati sostituiti; in caso contrario la posizione dei diversi atomi varia, e nascono delle molecole di struttura differente. Nella trasformazione delle molecole il numero degli atomi e la massa ossia la quantità di materia ponderabile non cambiano. Il numero delle molecole ed il volume degli atomi possono o no variare. Ciò che varia costantemente è il modo di combinazione degli atomi ed il volume delle molecole. La variazione del modo di individuazione degli atomi fa variare il modo di muoversi e quindi le qualità dello molecole. La variazione di volume fa variare il grado di velocità del movimento, essendochè le velocità sono in ragione inversa dei volumi; quando il volume delle molecole cresce, la velocità molecolare diminuisce e reciprocamente. Il grado d'intensità con cui gli atomi gravitano verso il centro della molecola, o con altre parole il grado di affinità, di ponderabilità chimica è in ragione inversa del quadrato della distanza. Il grado di stabilità delle molecole è in ragione diretta del grado d'affinità. Ciò posto quando i volumi molecolari e quindi le distanze diminuiscono il grado di affinità e le velocità crescono, e quando il grado di affinità cresce, cresce pure di pari passo il grado di stabilità e reciprocamente, di guisa che si può giudicare del grado di affinità e quindi di stabilità delle molecole dal grado di variazione delle distanze o delle velocità. Il grado di affinità e di stabilità delle molecole, a parità delle altre condizioni, è dunque in ragione diretta dell'aumento di velocità che accompagnò la loro formazione. L'esperienza conferma pienamente questa conseguenza. Le molecole la cui formazione diede luogo a notevole aumento di velocità (calore), sono molto stabili; quelle che nell'atto della formazione creb-

bero di poco il grado di velocità sono poco stabili; quelle infine la cui formazione fu causa di diminuzione nella velocità sono assai instabili. In quest'ultimo caso si trovano le molecole dell'acqua ossigenata, e dei corpi esplosivi che si decompongono con grande facilità.

Le unità minori tendono ad accordarsi insieme per formare delle unità maggiori. Più unità chimiche sommate insieme, o con altre parole composte in risultante formano un'unità superiore chiamata molecola fisica.

CAPITOLO III.

Molecole fisiche.

Le molecole fisiche risultano dalla individuazione di più molecole chimiche, le cui monadi, senza perdere la propria individualità si sono composte in una risultante maggiore, la quale costituisce la monade ossia l'anima della molecola fisica. Come gli atomi nelle molecole chimiche, così le molecole chimiche nelle molecole fisiche si dispongono in modo da stabilire l'equilibrio di pressione e di moto, cioè in modo che ogni molecola chimica prema e sia di un' eguale quantità contropremuta dalle molecole attigue, e che i suoi moti sieno d'accordo con quelli delle altre. Il punto per cui passa la risultante costituisce l'*io* ossia il centro della molecola.

La forma delle molecole fisiche è una funzione della natura del numero e della disposizione delle molecole chimiche da cui sono composte. Le molecole fisiche diconsi omogenee od eterogenee secondochè sono formate di molecole chimiche della stessa natura o di natura diversa. L'acqua pura risulta da molecole fisiche omogenee formate cioè di una sola specie di molecole chimiche espresse dalla formola atomica H^2O, mentre le acque naturali risultano da molecole fisiche ete-

rogenee formate di molecole chimiche d'acqua H^2O e di molecole chimiche di altre sostanze. Poco si sa circa il numero e la disposizione delle molecole chimiche che formano le molecole fisiche. In quanto al numero si adotta la formola più semplice che rappresenti il risultato dell'analisi. Si esprime per esempio la molecola fisica del vetriolo verde di recente cristallizzato con la formola $FeSO^4+7H^2O$ in cui $FeSO^4$ esprime una molecola chimica di solfato ferroso, perchè una tale formola rappresenta la quantità di solfato ferroso e di acqua che si è trovata in un dato peso di vetriolo verde. Potrebbe essere che la vera formola sii un moltiplo di questa. In quanto alla disposizione delle molecole chimiche non si hanno che congetture per determinarla. Probabilmente le molecole chimiche le più dense occupano le parti centrali e le più leggieri le parti periferiche. Nel caso in discorso la molecola o le molecole di solfato ferroso siccome più dense occuperebbero le parti centrali, e quelle d'acqua le regioni periferiche. Quando le molecole fisiche constano di molte molecole chimiche, queste debbono essere disposte in modo da formare un asse di rotazione intorno al quale si dispongono le altre molecole; in caso contrario debbono essere distribuite in modo da produrre delle rette polari od equatoriali.

Le molecole fisiche possono, come le chimiche, presentare le molteplici forme della geometria. Se si riuniscono i centri delle molecole chimiche per mezzo di rette si hanno delle forme poliedriche, se poi si riuniscono per mezzo delle curve e dei raggi che descrivono girando intorno al centro della molecola fisica allora si hanno delle forme rotondate.

La massa di una molecola fisica risulta dalla condensazione di più masse chimiche: essa è uguale alla somma delle masse chimiche da cui è formata. Nell'acqua forte le molecole chimiche dell' acido azotico $HNO^3=63$, e quelle dell'acqua $H^2O=18$ stanno fra di loro come $2:3$. Le molecole fisiche dell'acqua forte sono dunque formate da cinque molecole chimiche o da un moltiplo di cinque. Se si ammette la formola la più semplice $2HNO^3, 3H^2O$ la massa di ciascuna molecola fisica di acqua forte è $=63\times2+18\times3=180$.

Nel volume delle molecole fisiche si trovano inscritti i volumi delle molecole chimiche, nei quali sono inscritti i volumi degli atomi. Il volume delle molecole fisiche si compone dei volumi delle molecole chimiche e delle distanze a cui queste sono collocate. Mentre le masse di un sistema maggiore dipendono dalle masse dei sistemi minori, i volumi sono tra loro indipendenti.

Come i volumi delle molecole chimiche possono variare indipendentemente dai volumi atomici, così i volumi delle molecole fisiche possono anche variare indipendentemente dai volumi chimici e dai volumi atomici. Se le molecole fisiche hanno un'atmosfera eterea particolare comprendente in sè le atmosfere eteree delle molecole chimiche, il loro volume comincia e finisce dove comincia e finisce la loro atmosfera, se poi non hanno atmosfera il loro volume è uguale alla somma dei volumi delle molecole chimiche, e delle distanze a cui queste sono collocate. Ogni atomo finchè è libero e sciolto è animato di tre generi di moto; ad ogni individuazione acquista due nuovi generi di moto, ed un suo moto da proprio diventa comune al nuovo sistema, di guisa che il numero dei generi di moto di cui un sistema è animato è uguale al numero delle successive individuazioni moltiplicato per due più tre, cioè $=(n \times 2)+3$, in cui n esprime il numero delle individuazioni. Nelle molecole fisiche n essendo uguale a 2, i generi di moto onde sono animate è uguale a 7, cioè moto rotatorio e vibratorio degli atomi intorno ai proprii centri, moto di oscillazione e di rivoluzione degli stessi atomi intorno al centro delle molecole chimiche, moto di oscillazione e di rivoluzione delle molecole chimiche, e quindi degli atomi intorno al centro delle molecole fisiche, e moto progressivo di queste ultime. Fra questi generi di moto i tre ultimi sono proprii delle molecole fisiche. I moti di oscillazione e di rivoluzione dei centri minori diventano rispetto al centro immediatamente superiore moti vibratorii e di rotazione. Ciò posto le molecole fisiche, a parte il moto progressivo, sono animate di moto vibratorio ossia di contrazione e di espansione, e di moto rotatorio in-

torno al proprio centro: dentro questi due moti sono compresi i moti vibratorii e di rotazione delle molecole chimiche, entro i quali sono infine compresi i moti vibratorio e rotatorio degli atomi. Intanto affinchè tutte le parti girino intorno al centro delle molecole fisiche, i loro assi di rotazione sono, come quelli delle molecole chimiche, inclinati e girano ed oscillano intorno ad una certa retta. Queste due specie di moto diconsi il primo di precessione ed il secondo di nutazione.

Le molecole fisiche sono animate di tre generi di vibrazioni, i quali fanno nascere nell'etere tre generi corrispondenti di ondulazioni ossia di radiazioni, cioè le radiazioni atomiche, le radiazioni chimiche e le radiazioni fisiche che sono generate dalle vibrazioni proprie delle molecole fisiche. Le radiazioni fisiche sono più lunghe delle chimiche, le quali a loro turno sono più lunghe delle atomiche; entro le prime sono contenute le seconde, entro le seconde sono contenute le terze. Ciascun genere di radiazione serve a mettere in relazione i centri vibratorii da cui emana. Ciò posto le radiazioni fisiche servono a mettere le molecole fisiche in relazione le une colle altre. Le radiazioni eteree fanno variare i moti e le distanze dei centri da cui emanano finchè siasi stabilito l'equilibrio di pressione e l'accordo nella velocità e nella direzione. Le molecole che si muovono più velocemente irraggiano di più, le altre irraggiano meno, le prime perdono e le seconde guadagnano in velocità sinchè le radiazioni e quindi le velocità siano eguali.

Le qualità delle molecole fisiche variano al variare della loro struttura, ossia della natura, del numero e della disposizione delle molecole chimiche. Come con poche lettere si può comporre un numero infinito di parole e di frasi, così poche specie atomiche possono generare un numero infinito di specie chimiche e quindi di specie fisiche. Le molecole chimiche sono per le molecole fisiche ciò che sono gli atomi per le prime, e tuttochè della stessa specie possono, individuandosi in numero od in un modo diverso, produrre delle molecole fisiche dotate di qualità differenti.

Le molecole fisiche per le mutate condizioni della loro esistenza possono come le chimiche subire quattro generi di trasformazione, cioè l'unione fisica, la decomposizione fisica, la sostituzione fisica, e la trasposizione fisica. Più molecole fisiche individuate insieme formano un sistema maggiore, per esempio un astro, di grandezza diversa a seconda del numero delle molecole. La terra, il sole, la luna, le stelle sono degli astri. I bolidi sono germi di astri che non possono crescere e svilupparsi per mancanza di molecole; quando giungono nella sfera di attrazione di qualche astro per esempio della terra, cadono, e nel cadere sviluppano, condensandosi, luce e calore e si convertono in aggregati di molecole che si individuano all'astro su cui sono caduti. La massima parte delle molecole che formano individuate insieme l'essere terrestre, si trovano tra di loro al semplice stato di aggregazione e producono i corpi chiamati minerali, alcune poche sono individuate in sistemi speciali e producono gli esseri vegetabili ed animali; in questi ultimi esistono ed operano delle monadi ossia delle risultanti dinamiche (forze vitali) particolari che non si riscontrano nei minerali.

Le molecole fisiche sono come gli atomi e le molecole chimiche invisibili stante la loro piccolezza. I corpi di massa sensibile risultano quindi da più molecole fisiche individuate o semplicemente aggregate insieme. Nei corpi minerali le molecole sono allo stato di semplice aggregazione; nei corpi vegetabili ed animali viventi le molecole sono individuate tra di loro. Che i corpi siano composti di più molecole fisiche, che ciascuna molecola fisica sia composta di più molecole chimiche, e ciascuna molecola chimica di più atomi è una verità dimostrata dal triplice lume della ragione dell'intuito e dell'esperienza. Le unità, le forze, i sistemi piccoli non possono produrre delle unità, delle forze, dei sistemi grandi ordinati e stabili se non si compongono successivamente in unità, in risultanti, in sistemi di più in più grandi. Diffatti nella numerazione più unità semplici unite insieme formano una unità di primo ordine, più unità di primo ordine aggiunte insieme formano un' unità di secondo ordine e così di se-

guito. Nella lingua più lettere unite insieme formano una sillaba, più sillabe una parola, più parole una frase, più frasi... Nelle Nazioni più persone associate insieme costituiscono una famiglia, più famiglie un paese, più paesi una provincia, più provincie... Nei grandi sistemi cosmici più astri individuati insieme formano un sistema planetario, più sistemi planetarii un grande mondo, per es. il sistema solare. Ciò posto gli atomi esistenze insensibili per generare delle esistenze sensibili durature hanno dovuto comporsi ed ordinarsi in modo da produrre dei sistemi progressivamente più grandi. I grandi sistemi debbono avere una struttura analoga a quella dei sistemi piccoli da cui furono generati ed essere animati di moti simili. Il sistema solare si compone di più sistemi planetari che girano ed oscillano intorno al sole, i sistemi planetari constano di astri detti satelliti che girano ed oscillano intorno ad uno chiamato pianeta, gli astri girano ed oscillano intorno al proprio centro. Analoga costituzione hanno i sistemi stellari. Le molecole che formano gli astri e quindi i corpi debbono essere composte di molecole più piccole simili ai sistemi planetari, le quali a loro turno sono composte di atomi. Gli atomi sono per le molecole fisiche ciò che sono gli astri per i grandi sistemi. Nel sistema solare distinguonsi tre ordini di astri ossia di centri, gli astri satelliti che girano ed oscillano intorno al proprio centro, intorno al centro del pianeta, ed intorno al sole, gli astri pianeti che girano ed oscillano intorno al proprio centro ed intorno al sole, e l'astro solare che gira ed oscilla intorno al proprio centro, facendo astrazione dai moti proprii dello intiero sistema solare. Nelle molecole fisiche vi debbono anche essere tre ordini di atomi ossia di centri, atomi satelliti, atomi pianeti, ed atomi che occupano il centro delle molecole fisiche.

Tutti i corpi possono subire tre categorie di mutazioni le une più profonde delle altre, variazione meccanica, variazione fisica, e variazione chimica: in tutti i corpi operano tre sorta di attrazioni, cioè la coesione, l'affinità chimica e l'affinità fisica che occupa un posto intermedio tra la prima e la seconda,

i quali fatti non si possono altrimenti spiegare senza ammettere che i corpi sieno composti di tre generi di centri d'attività, gli atomi da cui emana l'affinità chimica causa delle variazioni chimiche, le molecole chimiche da cui emana l'affinità fisica causa delle variazioni fisiche, e le molecole fisiche da cui emana la coėsione causa delle variazioni meccaniche. Ed a questa conclusione furono dalle loro ricerche condotti i dotti i più eminenti. Biot dalle sue ricerche sopra l'azione che certe soluzioni esercitano sulla luce polarizzata fu condotto ad ammettere che i corpi non erano semplicemente disseminati nel liquido ma molecolarmente combinati in particolari sistemi. Delafosse, H. Deville ed altri non men celebri scienziati considerano i minerali come aggregati di più molecole fisiche composte di più molecole chimiche costituite a loro turno di più atomi. Aggiungasi che i corpi producono tre generi di radiazioni; cioè le radiazioni chimiche, le radiazioni luminose e le radiazioni calorifiche, bisogna quindi che eseguiscano tre generi di vibrazioni, le atomiche, le chimiche, e le fisiche. Il lume della ragione guidato dai fatti interni ed esterni ci dimostra dunque che i corpi di massa sensibile risultano da più molecole fisiche di massa insensibile e che le molecole fisiche sono realmente costituite da tre ordini di centri ed animate da tre categorie di moti.

CAPITOLO IV.

Aggregato di più molecole fisiche.
Proprietà dei corpi.

I corpi minerali sono aggregati di più molecole fisiche sensibili ai nostri organi; le molecole sono formate di atomi distribuiti giusta la legge dell'ordine e dell'equilibrio: gli atomi sono stati generati dalla condensazione della stessa materia: i corpi sono dunque in ultima analisi formati di materia ordinata ed equilibrata, ossia di materia organizzata. Ciò che è proprio, che conviene alla materia conviene pure ai corpi. I corpi ci sono noti per le qualità ossia proprietà di cui sono dotati. Fra le qualità dei corpi alcune dipendono dall'intima natura della materia, altre dal suo modo di organizzazione; le prime sono generali spettano cioè a tutti i corpi, le seconde non sono generali. Alcune proprietà spettano al principio materiale, altre al principio immateriale altre ad ambedue i principii. L'estensione, l'impenetrabilità, la divisibilità, la porosità, la mobilità, l'ordine, l'equilibrio, l'inerzia e l'elasticità sono qualità generali che dipendono, le quattro prime dal principio materiale, le tre successive dall'immateriale, e le due ultime da ambedue i principii.

L'*estensione* è la proprietà per cui i corpi occupano una certa porzione dello spazio, caratterizzata e definita dalle tre così dette dimensioni lunghezza, larghezza o profondità, ossia da ciò che chiamasi volume dei corpi. L'*impenetrabilità* è quella proprietà per cui due corpi non possono simultaneamente occupare lo stesso luogo; un liquido non può penetrare in un recipiente se l'aria in esso contenuta non esce o non si restringe di volume. La *divisibilità* è la proprietà che hanno tutti i corpi di poter essere divisi e suddivisi in parti distinte di più in più piccole. Le piccolissime particelle ancora visibili in cui un corpo viene diviso, possono essere suddivise in tante parti invisibili quante sono le molecole fi-

siche, ciascuna molecola fisica può momentaneamente essere divisa in molecole chimiche, o queste in atomi i quali non possono più ulteriormente suddividersi, ed appena resi liberi tornano a comporsi in altre molecole chimiche, le quali a loro turno si compongono in altre molecole fisiche.... Si debbe dunque distinguere la divisione meccanica in virtù della quale i corpi sono ridotti in particelle piccolissime ed anche nelle loro molecole fisiche: la divisione fisica che riduce momentaneamente le molecole fisiche in molecole chimiche, e la divisione chimica che riduce le molecole chimiche in atomi.

Oltremodo piccole sono le parti che si possono ottenere con la prima divisione, ed assai più piccole ancora sono quelle che si ottengono con le altre due e segnatamente colla divisione chimica. Un grano d'oro si divide colla filiera in 20,000.000 di parti piccolissime. Animaletti che a migliaia insieme accumulati, non sarebbero visibili all' occhio nudo, osservati mediante il microscopio mostrano i loro organi di movimento di nutrizione, i loro umori, tuttochè abbiano appena $0^{mm},002$ di diametro. Quando si versa una goccia di acido solforico, per esempio, in un ettolitro di acqua, le molecole fisiche dell'acido si dividono in molecole chimiche le quali si diffondono e si uniscono al numero indefinito di molecole fisiche che formano la massa dell'acqua. Le combinazioni chimiche sono per la più parte precedute dalla divisione delle molecole chimiche in atomi. Alle tre mentovate divisioni si può ancora aggiungere la divisione mentale per mezzo della quale si concepiscono gli atomi divisi in parti successivamente più piccole.

Come i corpi sono capaci di subire tre specie di divisioni così in essi si debbono distinguere tre specie di pori od interstizi vacui cioè quelli che esistono tra gli atomi, quelli che lasciano tra di loro le molecole chimiche, e quelli che si trovano tra le molecole fisiche. I pori in discorso sono invisibili e non vanno confusi con i vani visibili che consistono in interruzioni di continuità delle molecole. L'esistenza di pori invisibili nei corpi è dimostrata da molti fatti. L'acqua

fortemente compressa in un vaso metallico a pareti molto spesse trapela a goccie attraverso le pareti, senza che sia avvenuta soluzione di continuità. Le tre specie di endosmosi non si possono spiegare senza ammettere che nei corpi minerali esistano tre specie di pori. Newton partendo da considerazioni ottiche, fu condotto ad ammettere diversi ordini di pori e di molecole. La luce attraversa tutti i corpi; i diafani sotto considerevoli spessezze, o gli opachi ridotti a strati sottilissimi. I raggi di luce, siano essi formati di tenuissime particelle lanciate con grande celerità, o consistano in un semplice movimento qualunque che si propaga, camminano nei corpi in linea retta, locchè non si può spiegare senza ammettere una grande rarità nella materia. Egli supponeva che le molecole d'ordine più elevato cioè le più grosse compongono il corpo, e sono così distribuite che lasciano tra loro tanto di spazio vuoto, quanto nè occupano esse stesse. Le medesime poi constano di altre molto minori, le quali lasciano pure tra di loro tanto di spazio vuoto, quant'è il il loro volume. Queste constano di altre più sottili allo stesso modo.... L' idea dei varii ordini di molecole e di pori è ora ammessa dalla massima parte dei fisici. Nelle membrane organiche viventi esistono ancora altre specie di pori e quindi di endosmosi.

La *mobilità* è la proprietà in virtù della quale le masse materiali variano continuamente le loro posizioni relative, e si agitano nell'etere. Per questa proprietà generale e fondamentale la materia manifestasi con un numero infinito di qualità particolari a seconda del numero e della natura dei moti che concepisce. La mobilità delle grandi masse è un fatto visibile, quella delle piccole masse è ugualmente un fatto dimostrato dai fenomeni calorifici, luminosi, elettrici, magnetici, essendochè questi fenomeni non si possono altrimenti spiegare senza ammettere che le masse piccolissime ed invisibili che formano i corpi sieno animate di particolari movimenti. Il muoversi o con altre parole il gravitare dei corpi verso il centro della terra è causa del peso (P), il quale è uguale al prodotto della massa (M) per la gravità (g)

cioè $P = Mg$; $M = \frac{P}{g}$; il rapporto tra la massa ed il volume (V) chiamasi densità (D): d'onde $D = \frac{M}{V}$; $M = DV$; $V = \frac{M}{D}$.

L'*ordine* è la proprietà che ha la materia di disporsi in modo da produrre delle forme regolari simmetriche e stabili onde raggiungere il fine che la suprema intelligenza si è proposto nel crearla. L'*equilibrio* è la proprietà che hanno le masse di distribuirsi in modo che vi sia eguaglianza di pressione ed armonico accordo nei moti da cui sono animate. Le cose sono o no nell'ordine e nell'armonia secondochè ciascuna cosa tende o no a produrre lo stesso risultato, cui tendono le altre. L'acqua e gli altri fluidi si muovono per stabilire l'equilibrio di pressione tra le loro molecole. Le fiamme e soprattutto quella del gas idrogeno poste a certa distanza da un corpo sonoro si agitano finchè il loro modo di muoversi sia d'accordo con il moto che produce il suono. Si distingue l'equilibrio stabile, l'equilibrio indifferente e l'equilibrio instabile. I corpi ad equilibrio instabile tendono ad acquistare un equilibrio di più in più stabile. Una sfera eterogenea posta sopra un piano colla parte più densa non rivolta in basso si muove finchè il suo centro di gravità sia il più basso possibile o con altre parole finchè offra l'equilibrio il più stabile. Il cloruro d'azoto, corpo ad equilibrio molto instabile, per poco che si urti o che si cangino le condizioni della sua esistenza si decompone per produrre dell'azoto e del cloro, corpi che offrono un equilibrio stabile. L'acido solforico ed il carbonato di calce portati in presenza si decompongono e producono dei corpi (solfato di calce, anidride carbonica ed acqua) ad equilibrio più stabile.

La materia e quindi i corpi da essa prodotti tendono a conservare con un'energia proporzionale alla grandezza e intensità delle forze lo stato in cui si trovano, e non lo variano senza una ragione o con altre parole senza che avvengano delle variazioni nelle condizioni della loro esistenza. Questa proprietà chiamasi *inerzia*. Le molecole sia fisiche che chimiche non variano il loro modo d'essere senza una

cagione estrinseca. Un corpo minerale non varia di posizione senzachè vi sia indotto da una causa esterna. La terra come pure gli altri astri non modificano il loro movimento se non interviene qualche nuova ragione. Se i rapporti, le condizioni estrinseche non variassero le cose per legge d'inerzia continuerebbero sempre ad essere come sono, e non avrebbero luogo quei tanti fenomeni che formano il bello ed il sublime dell'Universo, ed allo stato presente succederebbe uno stato di quiete simile alla morte. Da cosa nasce cosa; il moto di cui sono animate le masse fa di continuo variare i loro rapporti, la variazione dei rapporti determina le masse a modificare ed anche cangiare il loro modo d'essere. Gli animali contengono in se stessi la ragione che li determina a variare il loro stato, la quale è però più o meno dipendente dalle ragioni estrinseche.

I corpi per una variazione di pressione variano di volume ed anche di forma, e riprendono più o meno perfettamente il volume e la forma primitiva al cessare della cagione alteratrice: una tale proprietà chiamasi *elasticità*. L'elasticità dipende soprattutto da una variazione nelle distanze corpuscolari, e dalla tendenza che hanno i corpuscoli a riprendere le primitive posizioni semprechè non sieno stati allontanati al di là della loro sfera d'azione. « Le cause che hanno assegnato alle molecole di un corpo le loro posizioni relative sono in certo modo persistenti ossia operano continuamente; quindi se uno sforzo qualunque esterno al corpo cambia un poco e momentaneamente tali posizioni, le medesime cause tendono a ricondurre le molecole ai loro posti primitivi; questa tendenza ed azione continua è quella che prende il nome di elasticità (Lamè) ». Non è però impossibile che avvengano anche delle variazioni nel volume della materia che forma gli atomi. Ogni corpo possiede l'elasticità in un grado diverso, ed ha un *limite di elasticità* che misura la quantità delle variazioni che può subire senza perdere la facoltà di ritornare alla primitiva forma, cioè senza cessare di essere elastico, ed un *coefficiente di elasticità* che indica lo sforzo che richiede per variare di forma. Nei corpi fluidi l'elasticità

non si manifesta che per pressione, in quelli solidi si può ancora manifestare per flessione, per trazione, e per torsione. Nell'atto che s'inflette una lamina, per es. d'acciaio, le molecole poste dalla parte convessa si allontanano, quelle poste dalla parte concava si avvicinano, e tendono a riprendere le primitive posizioni con un'energia eguale alla potenza inflettente, tolta la quale, le molecole e quindi la lamina oscillano al di qua ed al di là della loro posizione di equilibrio, con oscillazioni di più in più brevi, finchè si fermano nella loro primitiva posizione.

Come all'essere è sempre unito il modo d'essere, al moto va sempre unita la direzione e la velocità, così alle proprietà generali trovansi sempre congiunte le qualità particolari. L'estensione a seconda del volume e della forma che presenta l'esteso; la porosità a seconda della grandezza, della figura, del numero, e della disposizione dei pori... comprendono un numero indefinito di qualità particolari. Fra le proprietà non generali alcune sono comuni a molte specie di corpi, come la solidità, la liquidità, la gazeità... Altre non si appalesano che in poche specie ovvero in una sola specie, come la natura della forma, il grado di densità.... Queste ultime diconsi speciali perchè servono a distinguere le specie le une dalle altre.

Le parti di cui si compongono i naturali organismi, gravitano tra di loro e verso il centro dell'organismo, del sistema che informano, e tra queste due gravitazioni vi possono esistere tre rapporti, cioè la gravitazione delle parti tra di loro può essere maggiore, eguale o minore della gravitazione delle parti verso il centro. Gli stessi tre rapporti si verificano qualora singole le parti fossero munite di una speciale atmosfera eterea: in questo caso le parti possono essere immerse le une nelle altre per le loro rispettive atmosfere, oppure toccarsi per la superficie delle medesime, od essere collocate a maggiori distanze. La solidità, la liquidità e la gazeità sono proprietà che dipendono dal rapporto che passa tra la gravitazione molecolare e la gravitazione terrestre, e quindi dalle distanze intermolecolari perchè la gra-

vitazione varia in ragione inversa del quadrato delle distanze. Nei corpi solidi le distanze intermolecolari sono assai piccole, le molecole gravitano più tra di loro di quello che gravitino verso il centro terrestre, e sono più o meno immerse nelle loro rispettive atmosfere.

Nei corpi liquidi le due gravitazioni sono eguali o quasi eguali, e le molecole si toccano per la superficie delle loro atmosfere. Nei corpi aeriformi le molecole non si toccano e gravitano meno tra di loro di quello che gravitino verso il centro terrestre.

L'inerzia di una molecola o con altre parole la tendenza che ha a conservare la posizione che occupa è proporzionale all'intensità delle due forze attrattiva e repulsiva che tendono a mantenerla in quel luogo. Le molecole dei solidi debbono opporre una resistenza più o meno grande sia ad avvicinarsi che ad allontanarsi perchè si attirano più tra loro di quello che siano attirate dal centro terrestre: quelle dei liquidi debbono resistere ed avvicinarsi ed opporre quasi niuna resistenza ad allontanarsi perchè l'attrazione molecolare è uguale o quasi uguale all'attrazione terrestre: le molecole dei gaz debbono opporre piccole resistenze ad avvicinarsi e nessuna ad allontanarsi perchè l'attrazione molecolare essendo più piccola dell'attrazione terrestre basta di diminuire la pressione estrinseca per indurle ad allontanarsi. Si comprende quindi il perchè i solidi hanno una forma ed un volume determinati e le loro molecole oppongono una resistenza più o meno grande per essere disgregate; i liquidi, senza avere una forma determinata, hanno un volume che non varia sensibilmente al variare della pressione, e le loro molecole scorrono facilmente le une sulle altre: i gaz non hanno come i solidi una forma determinata, nè come i liquidi un volume costante, e le loro molecole si spandono per ogni verso e variano le rispettive distanze al variare della pressione estrinseca.

Gli assi di rotazione tendono al parallelismo. Stante una tale proprietà, le molecole debbono tendere a disporsi in modo da avere i loro assi paralleli o quasi paralleli. Ciò

posto nei solidi gli assi molecolari debbono sovrapporsi gli uni agli altri per formare delle serie lineari in cui le molecole si guardano pei loro poli, e ciascuna serie può essere disposta in modo che gli equatori delle sue molecole sieno attigui agli equatori oppure ai poli delle molecole delle altre serie. Le distanze intermolecolari possono essere eguali o quasi eguali, oppure diverse: nel primo caso le molecole si attirano con intensità eguale in tutti i sensi, nel secondo caso esercitano un'intensità attrattiva maggiore dove le distanze sono minori, ed un'intensità attrattiva minore dove le distanze sono maggiori. I corpi *fragili* cioè quelli che percossi col martello si rompono, debbono avere i fili molecolari disposti in modo che gli equatori di un filo sieno attigui ai poli degli altri fili, perchè in questo caso le molecole non possono scorrere le une sulle altre senza distaccarsi. I corpi *malleabili* cioè quelli che percossi col martello in luogo di rompersi si distendono in lamine, debbono avere i fili molecolari così disposti che le molecole si guardino per i rispettivi equatori, perchè in questo caso le molecole possono scorrere le une sulle altre senza staccarsi. Quest'opinione è d'accordo col fatto che i corpi malleabili sono buoni conduttori del calorico e dell'elettrico, ed i corpi fragili cattivi conduttori.

La *durezza* ossia la resistenza che i corpi oppongono ad essere rigati, incisi dagli altri, la *tenacità* ossia la resistenza che oppongono ad essere squarciati da una forza traente sono proprietà che dipendono anche dalla disposizione delle molecole. Queste due proprietà come pure la fragilità, la malleabilità debbono quindi variare al variare della struttura dei corpi. Inoltre un corpo malleabile debbe divenire fragile se si costringono le sue molecole a disporsi come nei corpi fragili. L'esperienza conferma quest'illazione. L'acciaio temperato è più duro e meno tenace dell'acciaio non temperato. Il ferro a struttura fibrosa è molto più tenace di quello a struttura cristallina. Il bronzo temperato è malleabile; quello non temperato è fragile. Le molecole dei corpi possono dunque disporsi in modo diverso se così comandano le condizioni. Quando il bronzo si raffredda lentamente, le sue molecole

si dispongono come nei corpi fragili; quando si raffredda prontamente come nei corpi malleabili.

I solidi diconsi *amorfi* o *cristallizzati* secondochè hanno una forma irregolare oppure una forma simmetrica e regolare terminata da faccie piane e da angoli diedri e poliedri. Le seconde forme chiamansi *cristalli*. Indefinito è il numero delle forme che presentano i diversi solidi. I geometri hanno però riconosciuto che le forme cristalline, tuttochè infinitamente variabili potevano essere derivate da un piccolo numero di *forme tipiche*. Chiamasi *cristallizzazione* l'atto in cui le molecole si dispongono in modo da generare dei cristalli. Otto molecole disposte due a due in guisa che il centro delle une cada sul centro delle molecole attigue producono un piccolissimo cubo, il quale se cresce uniformemente in tutte tre le dimensioni, genera un cristallo a tre assi (così chiamansi le linee rette che coll' immaginazione si suppongono attraversare il cristallo passando per il suo centro) ortogonali eguali fra loro: se cresce di più o di meno in una dimensione che nelle altre due, produce un cristallo a tre assi ortogonali di cui due soli sono eguali: se cresce inegualmente in tutte tre le dimensioni produce un cristallo a tre assi ortogonali tutti ineguali. Otto molecole disposte due a due in guisa che il centro delle une cada più o meno in fuori del centro delle altre producono un piccolissimo romboedro, il quale se si sviluppa uniformemente in tutte tre le dimensioni, genera un cristallo a tre assi obliqui ed eguali fra loro; se cresce più o meno in una dimensione che nelle altre due, oppure inegualmente in tutte tre le dimensioni, produce due altre categorie di cristalli ad assi obliqui. I cristalli si possono dunque dividere in due grandi serie, cristalli ad assi che si tagliano ad angolo retto, e cristalli ad assi che si tagliano ad angolo obliquo. Ciascuna di queste due serie può venire divisa in tre tipi secondochè i tre assi sono eguali, oppure due soli sono eguali, o sono tutti tre diseguali: a ciascuno di questi tipi si può assegnare una forma tipica da cui si derivano le altre forme dette *secondarie* o *derivate*.

L'assumere che fa un corpo mentre cristallizza anzi una che un'altra forma è un effetto che dipende dalla natura delle sue molecole e dalle condizioni estrinseche, o con altre parole dalle ragioni interne ed esterne che presiedettero alla cristallizzazione. Le forme dei corpi variano dunque al variare della natura delle molecole, ed a parità di natura delle molecole, variano al variare delle condizioni estrinseche. I corpi formati di molecole diverse cristallizzano di fatti in forme differenti, essendochè anche quelli chiamati dai chimici isomorfi (che hanno cioè forme simili tuttochè di specie diversa) cristallizzano in forme che non sono perfettamente identiche, ma differiscono fra loro per l'apertura degli angoli, o per la grandezza, o per qualche modificazione. Così per esempio i carbonati di zinco, di magnesia, di ferro, di manganese, di calce, corpi che sono isomorfi, cristallizzano in romboedri che non sono rigorosamente eguali essendochè mentre l'angolo ottuso dei romboedri del primo carbonato è 107°, 30'; quello del secondo è 107°, 25'; del terzo 107°; del quarto 106°, 51'; del quinto 105°, 50'.

Lo stesso corpo, se identiche sono le condizioni, cristallizza costantemente nella medesima forma, ma se le condizioni sono diverse, cristallizza anche in forme differenti. Una soluzione acquosa satura a 100° di alume puro produce costantemente raffreddandosi dei cristalli ottaedrici, ma satura in vaso chiuso a temperie più elevata depone dei dodecaedri romboidali e dei trapezoedri. Se si aggiunge alla soluzione qualche corpo straniero, si ottengono dei cristalli di forma più o meno diversa secondo la natura del corpo straniero. Si può dunque avere l'alume cristallizzato in molteplici forme facendo variare le condizioni della sua cristallizzazione. Lo stesso dicasi degli altri solidi. Le variazioni di forma che presentano i cristalli naturali della medesima sostanza dipendono dalle circostanze diverse in cui si è trovata mentre cristallizzava. Egli è per questo che si può riconoscere le località di alcuni minerali soltanto dalle forme che essi presentano, che si distingue per esempio il calcare cristallizzato dell'Harz da quello di Derbyshire, i cristalli di questo corpo provenienti dalle

montagne calcaree da quelli dei filoni, o dei differenti strati metalliferi. . .

La massima parte dei corpi variano solamente di forma secondaria al variare delle condizioni, alcuni pochi (calce carbonata, solfo, carbonio, pirite di ferro. . .) detti *dimorfi* variano anche di tipo cristallino. La condizione che per l'ordinario fa variare la forma tipica si è la temperatura. Il carbonato di calce in un liquido freddo si depone in cristalli romboedrici, cioè in forme spettanti al tipo esagonale, all'opposto in un liquido bollente cristallizza in forme appartenenti al tipo trimetrico. Lo zolfo per fusione cioè a caldo cristallizza in un tipo, per soluzione nel solfuro di carbonio in un altro. « Questo rapporto tra la forma dei cristalli e la temperatura a cui vennero prodotti, è di grandissima importanza per la mineralogia e la geologia, perchè rivela le condizioni in cui si formarono i cristalli naturali, e può dare degli indizii preziosi sull'origine delle rocce, nelle quali si trovano allogati (Piria) ».

I fatti che veniamo d'esporre dimostrano sempre più la verità che la direzione delle forze dipende dalla ragione, o con altre parole che le forze variano il senso in cui operano, e quindi il modo di disporre le masse a seconda delle condizioni.

Similis venit ad simile. Le molecole che hanno tendenze geometriche simili si attirano e si dispongono negli stessi cristalli; quelle che hanno tendenze geometriche diverse si dispongono in cristalli differenti. In un soluto acquoso di nitro e di sal marino formansi, mediante l'evaporazione, dei prismi di nitro che non contengono del sale marino, e dei cubi di sale marino che non contengono del nitro, perchè le molecole di questi due corpi hanno tendenze geometriche diverse. In un soluto di solfato di magnesia e di solfato di zinco formansi dei cristalli misti che contengono le molecole di ambedue i solfati, perchè questi due corpi sono tra loro isomorfi. Le molecole dei corpi isomorfi nel cristallizzare insieme conservano ciascuna le loro particolari attitudini geometriche, ed i cristalli misti che producono, partecipano

delle qualità dei corpi da cui sono formati. Gli angoli diedri dei romboedri di dolomia, corpo formato di carbonato di calce e di carbonato di magnesia, sono intermedii fra quelli (105°, 50′ e 107°, 25′) dei due carbonati, e si può col calcolo determinare la quantità relativa dei due carbonati che formano il cristallo misto, perchè la quantità di uno dei carbonati è inversamente proporzionale alla differenza che passa tra il valore del suo angolo e quello del cristallo misto. Sia un cristallo misto A composto di due corpi B e C; la quantità di B è $= \frac{e}{d}$ e la quantità di C è $= \frac{e}{d'}$ in cui e esprime la differenza tra l'angolo del corpo B e l'angolo del corpo C; d indica la differenza tra l'angolo del corpo C e l'angolo del cristallo misto; e d' la differenza tra l'angolo del corpo B e quello del cristallo misto. La cognizione delle forme cristalline dei corpi è dunque un carattere di molta importanza. Chiamasi *cristallografia* la scienza che si occupa in modo speciale della genesi e della descrizione delle svariatissime forme dei cristalli, e che ci fa conoscere i modi di derivare le diverse forme secondarie appartenenti allo stesso tipo dalla stessa forma tipica.

I tre stati fisici dei corpi essendo una funzione delle distanze intermolecolari, le quali variano al variare della pressione o della temperatura, ne viene che un corpo può passare da uno in un altro stato se si fanno convenientemente variare le condizioni della sua esistenza. La solidità, la liquidità e la gazeità sono dunque stati relativi dei corpi. Diffatti i corpi gassosi sufficientemente compressi e raffreddati diventano liquidi, i liquidi sufficientemente raffreddati diventano solidi e reciprocamente. Chiamasi *fenomeno* ogni variazione nelle proprietà o nel modo d'essere dei corpi; ogni variazione nel modo d'essere dei corpi ha per causa una variazione nel modo d'agire delle forze; ogni variazione nel modo d'agire delle forze è determinata da una variazione delle condizioni: la causa reale di un fenomeno risiede dunque in una variazione nel modo d'agire delle forze; la causa razionale in una variazione delle condizioni ossia delle rela-

zioni che i corpi offrono tra di loro, e siccome la causa razionale tende all'ordine ed all'equilibrio, così il fine, la causa finale d'ogni moto, d'ogni fenomeno si è l'armonia universale. Il vapore acqueo ascende dal basso in alto ove per un avvenuto raffreddamento si condensa e cade per stabilire l'equilibrio di pressione. L'acqua discende dall'alto in basso per stabilire l'equilibrio di pressione e di livello. Le masse gravitano e girano intorno ad una massa centrale perchè solo in questo modo possono equilibrarsi e comporsi in risultanti di più in più grandi. Egli è per istabilire l'equilibrio tra l'intensità attrattiva e l'intensità centrifuga ossia repulsiva che le masse quando si avvicinano al centro girano con maggiore velocità e reciprocamente di guisa da descrivere aree eguali in tempi eguali. Per la diminuzione della distanza, l'intensità attrattiva cresce, per l'aumento delle velocità cresce di pari passo l'intensità centrifuga e reciprocamente. Il moto fa continuamente variare le relazioni, le relazioni fanno continuamente variare il moto di guisa che ad un fenomeno ad un modo d'essere succede un altro fenomeno, un altro modo d'essere per mettere le cose mobili d'accordo tra loro e colle sempre nuove condizioni. La terra col girare intorno se stessa ed intorno il sole, varia ad ogni istante le relazioni che offre col sole e cogli altri astri e produce il giorno, la notte, le diverse stagioni, gli ecclissi...

Le cose che formano l'Universo sono dunque animate di moti speciali, fra i quali esistono delle relazioni necessarie ed armoniche: questa è una legge suprema della natura, ed ogni qual volta essa non si realizza, le cose che esistono si trasformano in altre cose capaci di equilibrarsi e di stabilire fra loro delle armoniche relazioni. Così per es. le molecole dell'acido nitrico e quelle del rame non offrendo tra loro relazioni armoniche, quando giungono a contatto si trasformano in molecole di nitrato ramico ed in altre molecole.

Come esistono diversi generi di forze ossia di risultanti dinamiche, così si debbono distinguere diverse categorie di fenomeni. Quelli cagionati dalle forze molecolari chiamansi *fenomeni fisico-chimici* o semplicemente fenomeni molecolari.

Nelle piante e negli animali oltre i fenomeni fisico-chimici, avvengono ancora altri fenomeni (F. vitali) cagionati dalle particolari risultanti in cui trovansi composte le forze delle molecole fisiche. I fenomeni prodotti dalle risultanti astrigene chiamansi F. *astronomici*. Le forze produttrici dei diversi fenomeni, essendo tutte generate dalla virtù attrattiva e repulsiva della materia, obbediscono alle stesse leggi, e differiscono soltanto fra di loro per la diversa struttura e grandezza delle masse da cui emanano. La loro quantità varia in ragione diretta delle masse; la loro intensità in ragione inversa del quadrato delle distanze, perchè lo spazio in cui si spandono le radiazioni prodotte da un centro dinamico cresce come il quadrato delle distanze. Le forze si esercitano a distanze piccole o grandi secondochè le masse da cui emanano sono piccole o grandi, o con altre parole a seconda della loro rispettiva grandezza. Le forze diconsi atomiche se emanano dagli atomi, chimiche se dalle molecole chimiche, fisiche se dalle molecole fisiche, vitali se emanano dalle cellule e da altri sistemi proprii delle piante e degli animali, astrigenee se dagli astri... Le tre prime forze non si esercitano che a distanze piccolissime perchè le masse da cui emanano sono estremamente piccole. Le forze astrigene esercitano la loro azione a grandi distanze perchè emanano da masse di notevole grandezza ed hanno quindi una grandezza proporzionale alle masse da cui emanano. Le velocità, a parità di masse messe in moto, sono proporzionali alle intensità delle forze, le quali variando in ragione inversa del quadrato delle distanze, ne viene per conseguenza che le velocità debbono crescere, come realmente crescono quando le distanze diminuiscono, e diminuire quando le distanze crescono.

La materia ponderabile si muove in quanto è più densa della materia eterea; la materia ponderabile è più densa dell'eterea in quanto venne condensata dall'attrazione; l'attrazione è dunque il motore universale della materia. Ma l'attrazione universale ridurrebbe la materia ad un punto minimo se non esistesse la repulsione universale che la lascia soltanto condensare sino ad un certo punto. Motore univer-

sale della materia sono dunque le due virtù attrattiva e repulsiva di cui essa è dotata. L'infinito numero di masse in cui le due indicate virtù hanno condensato la materia, costituiscono altrettanti motori particolari, ossia altrettante forze speciali. Le masse materiali, senza cessare di muoversi, si costituiscono in equilibrio di pressione, di direzione e di velocità, con girare ed oscillare intorno dei centri. Se la materia presentasse ovunque la stessa densità, e lo stesso grado d'elasticità, mancherebbe la causa della differenza e del moto, e vi sarebbe un riposo assoluto.

Le forze operano continuamente e non cangiano il senso ed il modo con cui operano senza un motivo. I molteplici motivi che possono determinare una forza a variare il suo modo d'agire, consistono tutti in una variazione delle radiazioni eteree che servono a mettere in relazione le cose e quindi le forze tra di loro. Le radiazioni eteree che un essere riceve, variano se le distanze, o le velocità o la natura degli esseri attigui variano. Si comprende quindi il perchè le variazioni di pressione, di temperatura (velocità), e dei vicini siano altrettante cagioni che determinano le forze molecolari a modificare e variare il loro modo d'agire, e quindi la materia a mutare il suo modo di divenire, e come i chimici col variare all'infinito le indicate condizioni sieno giunti ad ottenere un numero indefinito di corpi nuovi, cioè a costringere la materia a manifestarsi in modi svariatissimi. Si comprende quindi il perchè gli astri modifichino i loro moti al variare delle rispettive distanze, od al sopravvenire di qualche nuovo astro. Gli astronomi basati sulla legge in discorso ossia sulla legge generale di continuità e di gravitazione, dalle perturbazioni che il moto di un astro subisce, giudicano dell'esistenza e della posizione degli astri che la determinarono, e reciprocamente. Il celebre astronomo Leverrier, dalle perturbazioni e leggiere deviazioni osservate in Urano, conchiudeva all' esistenza di un lontanissimo nuovo pianeta (Nettuno), che egli trovò colla sola forza del calcolo e del ragionamento, prima che venisse effettivamente veduto col telescopio dall'astronomo di Berlino; il quale lo trovò là in

quel punto preciso dello spazio che era stato indicato dall'astronomo Parigino.

Un corpo ossia un aggregato di più molecole fisiche può subire tre generi di variazioni; variazione meccanica che consiste soprattutto in un cangiamento di disposizione delle molecole fisiche; variazione fisica che consiste in un cangiamento d'individuazione delle molecole chimiche; e variazione chimica che risiede in un cambiamento di individuazione degli atomi. La seconda variazione fa variare meno le proprietà dei corpi della terza e di più della prima.

Il ioduro mercurico giallo toccato in un punto qualunque subisce una variazione meccanica e cangia di colore e di forma; messo nell'alcole subisce una variazione fisica cioè le sue molecole fisiche si decompongono, e le chimiche senza alterarsi si uniscono alle molecole chimiche dell' alcole per produrre delle nuove molecole fisiche, le quali aggregate insieme formano un liquore omogeneo e trasparente, da cui per mezzo dell' evaporazione si può ancora riottenere il ioduro mercurico; il ioduro mercurico scaldato con acido solforico subisce una variazione ossia una trasformazione chimica, cioè le sue molecole tanto fisiche che chimiche si decompongono, ed i suoi atomi si individuano in altro modo e generano delle molecole di iodo, di solfato di mercurio ed altre molecole. Le proprietà del ioduro mercurico cangiano di più nel terzo caso che nel secondo, e di più nel secondo che nel primo. Gli stessi generi di trasformazione possono subire tutti gli altri corpi. Così il solfo in massa contuso in un mortaio, si polverizza e cangia di forma; quand'è cristallizzato in prismi monoclini cangia anche di forma abbandonandolo per un certo tempo a se stesso ed assume quella di romboottaedri. Se si mette nel solfuro di carbonio, si scioglie formando un liquore omogeneo da cui si può separare il solfo col semplice raffreddamento. Acceso nell' aria brucia ossia si combina con l'ossigeno in un modo più intimo di quello che siasi combinato col solfuro di carbonio, e genera l'anidride solforosa, composto gassoso da cui non si può più separare il solfo che per mezzo di particolari reazioni.

CAPITOLO V.

Fenomeni dipendenti da una variazione nella disposizione delle molecole fisiche.

A parte le forze repulsive che sono eguali e contrarie alle attrattive, nelle molecole fisiche, si debbe distinguere la forza di coesione che esercitano tra di loro, e la forza di gravità che esercitano verso il centro terrestre. Le variazioni nella disposizione delle molecole fisiche sono dovute alla forza di coesione, o alla forza di gravità oppure ad ambedue queste forze. Le principali condizioni che inducono queste forze a modificare il loro modo d' agire e quindi a disporre altrimenti le molecole sono le variazioni di pressione, di temperatura e dei vicini. Quando la pressione cresce, il volume diminuisce, quando il volume diminuisce la velocità cresce e reciprocamente. La temperatura è un effetto prodotto dai moti molecolari ed è proporzionale al grado di velocità dei medesimi. Ciò essendo la pressione quando varia fa variare il volume e la temperatura: se cresce i corpi si restringono di volume e si riscaldano, se diminuisce i corpi si espandono e si raffreddano.

I solidi ed i liquidi sono pochissimo *compressibili* o con altre parole variano pochissimo di volume al variare della pressione perchè le loro molecole si toccano. Giusta le sperienze di Regnault sotto il peso di una colonna di mercurio alta un metro, la compressibilità dell'acqua è 0, 000046677, quella del mercurio è 0, 000004628. La temperatura dei liquidi si eleva proporzionalmente alla diminuzione di volume. Tolta la pressione i liquidi ripigliano il primitivo volume e si raffreddano assorbendo una quantità di calorico eguale a quella che hanno sviluppato restringendosi di volume. Lo stesso dicasi dei solidi.

I volumi dei gaz sono in ragione inversa delle pressioni a cui i medesimi vengono sottoposti. Essendo poi le densità

in ragione inversa dei volumi, ne segue che le densità dei gaz sono in ragione diretta delle pressioni. Questo fatto costituisce la *legge di Mariotte.*

Non occorre di aggiungere che la temperatura varia al variare del volume dei gaz, e che onde la mentovata legge si verifichi è necessario che la temperatura sotto le varie pressioni sia la stessa. Chiamando V e D il volume e la densità di un gaz sotto la pressione P; e V' e D' gli stessi elementi sotto la pressione P' si avrà

$$P':P::V:V'=\frac{PV}{P'} \text{ e } P:P'::D:D'=\frac{P'D}{P.}$$

La causa della legge di Mariotte dipende da che le molecole a parità di distanza e di temperatura si repellono con intensità eguale o quasi eguale, ed esercitano nell'unità di spazio una tensione proporzionale al loro numero, dimodochè i gaz, a parità di volume, di temperatura e di pressione contengono un numero eguale o quasi eguale di molecole. Si comprende quindi il perchè i volumi dei gaz sieno in ragione inversa delle pressioni, che quando la pressione si raddoppia, il volume si riduce alla metà, ecc. ecc. Intanto, fatta astrazione dall'azione che le pareti del vaso possono esercitare sul gaz, siccome la natura delle molecole è subordinata alle condizioni in cui si trovano, così può avvenire che la variazione di pressione faccia variare la struttura ed anche il numero delle molecole, e che per conseguenza i gaz possono obbedire o no alla legge di Mariotte, soprattutto quando la pressione a cui sono sottoposti varia in limiti un poco estesi. L'esperienza conferma pienamente questa conseguenza. Il fisico Despretz ha trovato che la legge di Mariotte non si verifica, allorchè i gaz sono sottomessi ad una pressione prossima a quella a cui passano allo stato liquido. Giusta le rigorose sperienze di Regnault, i volumi nei gaz compressi scemano, in generale di una quantità più grande di quella con cui crescono le pressioni, ad eccezione dell'idrogeno, il quale diminuisce di volume di una quantità minore dell'accrescimento di pressione.

Da una variazione di pressione dipendono il suono, l'elet-

trizzamento dei corpi, l'urto, la caduta dei gravi, e tanti altri fenomeni. La pressione quando varia rapidamente ora in uno ora in un altro senso, turba l'equilibrio di pressione e quindi di elasticità dei corpi, i quali per istabilirlo producono delle particolari oscillazioni, che, quando hanno una certa ampiezza e rapidità, sono causa del suono o del rumore, secondochè sono o no armoniche.

Quando si preme leggiermente e per un istante una corda da violino con strofinarla od altrimenti, oppure si soffia rapidamente dell'aria in uno stromento a fiato, si turba l'equilibrio di pressione e quindi di elasticità, perchè la corda, l'aria... ora sono sottoposte ad una maggiore ora ad una minore pressione, e per equilibrarsi eseguiscono delle oscillazioni sonore.

La scienza che si occupa in un modo particolare dello studio del suono dicesi *acustica*. I suoni che rendono i corpi hanno delle qualità diverse a seconda della rapidità ed ampiezza delle vibrazioni, ed a seconda della natura dei corpi vibranti.

Gli assi delle molecole in istato d'equilibrio sono inclinati in modo che i due semiassi formano angoli eguali colla retta intorno cui girano, di guisa da esservi eguaglianza tra la velocità levogira di un semiasse e la velocità desterogira dell'altro, ed armonia nei moti di nutazione e di precessione.

Le rapide variazioni di pressione non possono a meno di turbare il mentovato equilibrio, e fare sì che in alcune molecole prevalga la velocità desterogira (elettrico positivo) ed in altre quella levogira (elettrico negativo). Di qui il perchè i corpi si elettrizzano per mezzo dello strofinamento, e quando si strofinano insieme due corpi, l'uno si elettrizza positivamente e l'altro negativamente.

Nella tendenza generale dei corpi all'equilibrio, sta poi il perchè i corpi elettrizzati attirino e sieno attirati da quelli carichi di elettricità di nome diverso, e repellano e sieno repulsi da quelli carichi di elettricità dello stesso nome, il perchè i corpi elettrizzati inducano uno stato elettrico negli altri e poi li attirino; essendochè i corpi che contengono un

eccesso di velocità levogira o desterogira debbono tendere ad avvicinarsi a quelli che contengono un eccesso di velocità di nome diverso, e quindi anche a sviluppare questa stessa elettricità nelle parti più prossime dei corpi che trovansi allo stato normale, respingendo l'altra elettricità nelle parti più remote, onde poter stabilire l'equilibrio delle due velocità levogira e desterogira, e quindi dei due angoli polari.

Da una notevole e rapida variazione di pressione dipende il fenomeno conosciuto sotto il nome di *urto*, il quale avviene quando un corpo in moto ne incontra un altro in riposo od animatò di movimento diverso. Nell'atto dell'incontro il moto si estingue in tutto od in parte e sviluppa una forza elastica proporzionale all'aumento di pressione ossia alla quantità di movimento estinta, la quale produce dei nuovi movimenti. Un corpo finchè si muove nell'aria è sempre sottoposto alla stessa pressione e si limita ad urtare continuamente le molecole dell'aria ed a cedere alle medesime una porzione della sua velocità, la quale perciò va via via diminuendo finchè sia ridotta a zero se non intervengono dei nuovi impulsi; ma se nel suo cammino incontra un corpo resistente lo preme ed è a sua volta contropremuto, e perde in tutto od in parte la sua velocità, mentre la forza elastica sviluppata dalla pressione ne genera delle nuove. Nell'urto si debbono distinguere due tempi: quello in cui una data quantità di moto si converte in pressione e sviluppa una quantità corrispondente di forza elastica; quello in cui la forza elastica sviluppata produce una nuova quantità di moto. Così per esempio, quando si lascia cadere verticalmente una biglia d'avorio sopra una tavola di marmo, succede che il moto della biglia nell'atto che incontra la tavola preme sulla medesima e sviluppa una forza elastica eguale alla pressione, la quale fa rimbalzare la biglia, elevandola per la stessa verticale quasi alla stessa altezza da cui è caduta, perchè la quantità di movimento estinta è uguale alla quantità di pressione, la quale nei corpi perfettamente elastici cioè che assumono dopo l'urto la primitiva struttura e le primitive distanze è uguale alla forza elastica che si sviluppa, e se il corpo non si eleva alla

stessa altezza ciò dipende o da difetto d'elasticità o dalla resistenza dell'aria. Risulta quindi che nei corpi perfettamente elastici, la quantità di movimento prima dell'urto è uguale alla quantità di movimento dopo l'urto, di guisa da avere $MV+mv=M'V'+m'v'$. Negli altri corpi la quantità di movimento dopo l'urto è minore di prima perchè una porzione di pressione non è convertita in forza elastica, ma viene consumata a disgregare ed a far variare in un modo permanente la disposizione delle molecole. Nell'urto il movimento varia in un modo diverso a seconda della direzione, giusta la quale l'urto ha luogo, ed a seconda delle relazioni che i corpi offrono tra di loro. L'urto chiamasi *diretto e centrale* se la retta che il centro di gravità d'uno dei corpi descrive muovendosi è normale al piano tangente, e passa per il centro di gravità dell'altro, ossia per il punto in cui passa la risultante delle forze molecolari di gravità; dicesi *obliquo* se la direzione del centro di gravità di uno dei corpi non è normale al piano tangente; *eccentrico* se la retta descritta dal centro di gravità di uno dei corpi è normale al piano tangente, ma non passa per il centro di gravità dell'altro.

Nell'urto diretto e centrale tutto il movimento si converte in pressione, negli altri due una porzione rimane nel corpo urtante, ed un'altra porzione si converte in pressione che sviluppa della forza elastica produttrice di nuovi movimenti. Così allorchè una biglia ne incontra muovendosi un'altra di eguale grossezza che è in riposo, la prima biglia cede, nell'atto dell'urto, tutta la sua velocità alla seconda, e rimane immobile, se l'urto è diretto e centrale, perchè tutto il movimento della prima biglia si converte in pressione e quindi in forza elastica, la quale imprime alla seconda biglia un moto eguale a quello che si è estinto nella prima. Se l'urto non è diretto e centrale le cose procedono altrimenti. Per trovare il moto che prendono due masse per un urto obliquo, bisogna risolvere in due la velocità di ciascuna delle masse; l'una normale al piano tangente ambe le masse nel punto di contatto, l'altra parallela a quel piano. La prima forma l'urto, e subisce i cangiamenti più sopra menzionati.

La seconda rimane invariata, giacchè per essa i corpi non si urtano nè agiscono punto scambievolmente. Componendo pertanto quest'ultima colla prima modificata, come richieggono le leggi dell'urto diretto, si avranno le velocità e le direzioni dei due corpi. Così allorchè una biglia in moto viene ad incontrare obliquamente un'altra biglia, la sua velocità (quantità di moto) BC si risolve in due componenti, l'una BD diretta perpendicolarmente alla seconda biglia, l'altra BA parallela alla medesima, e nell'atto dell'urto la velocità BD passa nella biglia urtata, e la biglia urtante si muove con la velocità BA. Se la biglia invece di urtare obliquamente un'altra biglia, urta contro la sponda, allora le due velocità dopo l'urto si ricompongono e fanno descrivere alla biglia una linea, la quale fa colla normale elevata dal punto dell'urto un angolo eguale a quello, che fa colla stessa normale la linea che ha descritto avvicinandosi alla sponda, o con altre parole l'angolo di riflessione della biglia sarà eguale all'angolo d'incidenza. Allorchè l'urto è diretto e centrale non vi è nè angolo di riflessione nè angolo d'incidenza, perchè le linee descritte dal corpo prima e dopo l'urto sono la stessa normale.

Nell'urto eccentrico il corpo urtato se non è fisso ad alcun asse immobile prende due specie di moto, l'uno progressivo e l'altro rotativo. La velocità primitiva comincia perciò a dividersi in due velocità, di cui l'una rimane nel corpo urtante e l'altra passa nel corpo urtato, e si suddivide in due altre velocità, l'una progressiva e l'altra rotativa, e ciò per ragioni facili a concepirsi.

Le molteplici azioni che contrariano il movimento, come la resistenza dei fluidi, gli attriti, la rigidezza dei canapi... consistono in particolari urti. Allorchè un corpo si muove in un fluido, prova per parte di questo fluido una resistenza che diminuisce costantemente la sua velocità, perchè urta le molecole del fluido e comunica loro del suo movimento. Questa resistenza è proporzionale alla densità del fluido, perchè tanto più il fluido è denso tanto maggiore è il numero od il peso delle molecole che il corpo urta muovendosi. È

proporzionale all'estensione della superficie che viene direttamente a urtare le molecole fluide, perchè il numero delle molecole urtate cresce in ragione della superficie del corpo urtante. È proporzionale al quadrato della velocità con la quale questo urto si produce, perchè un corpo che si muove dentro un mezzo resistente con una velocità doppia perde 2, perchè incontra un numero doppio di molecole, e perde 2, perchè a questo doppio numero di molecole comunica una velocità doppia. Dunque quando la velocità diviene due la perdita è 4. L'*attrito*, è la resistenza che le superficie solide oppongono al movimento dei corpi: esso, a parità delle altre condizioni, cresce colla scabrosità delle superficie. La rigidezza delle funi consiste nella resistenza che esse oppongono allo sforzo che tende a piegarle.

Gli impulsi istantanei con cui si fanno temporariamente muovere i corpi si possono anche considerare come degli urti, essendochè dipendono come questi, da istantanee variazioni di pressione e producono delle velocità proporzionali alla differenza di pressione. Così l'impulso che una lastra piegata dà ad un piccolo grave posto su di essa nell'atto che si toglie la causa che la teneva piegata, l'impulso che con la mano si dà ad un corpo qualunque, consistono in una istantanea variazione di pressione. Lo stesso dicasi degli altri analoghi impulsi, i quali da istantanei divengono continui se la causa che mantiene la variazione di pressione continua ad agire. Nelle molecole e negli altri sistemi naturali la causa che mantiene la differenza di densità e quindi di pressione tra la materia ponderabile e l'etere è continua, continui sono per conseguenza gli impulsi da cui sono animati, mentre negli impulsi istantanei la causa dura solamente per un istante cioè per il momento in cui succede l'urto.

Le forze molecolari per istabilire l'equilibrio di pressione fanno discendere le molecole le più dense ed ascendere le meno dense, se ciò non viene impedito dalla coesione che le mantiene legate insieme, o dalla ripulsione che tende a farle spandere in modo da occupare tutto lo spazio che ad esse si presenta... Quando l'acqua tiene in sospensione molecole

di diversa densità, succede che le più dense si radunano al fondo, le più leggiere vengono alla superficie, e quelle che hanno una densità eguale a quella dell'acqua nè ascendono, nè discendono. Il latte si compone di molecole fisiche di densità diversa, le quali stanno insieme unite finchè il latte fa parte degli organismi animali ed è sottoposto alle risultanti vitali, e si separano quando il latte cessa di far parte degli animali; le molecole più leggiere vengono alla superficie e formano la crema, le altre si radunano nella parte inferiore e costituiscono il latte scremato.

La forza che sollecita le molecole e quindi tutti i corpi a portarsi verso il centro della terra, e che le individua insieme per formare l'essere terrestre chiamasi *gravità*. Questa forza essendo diretta verso il centro della terra spinge i corpi a cadere per una retta perpendicolare al piano tangente la superficie delle acque stagnanti; la retta chiamasi *verticale*, ed il piano, *piano orizzontale*. Le verticali prolungate all'ingiù si avvicinano continuamente fra loro, finchè giunte al centro, si incontrano; se si prolungano all'insù si allontanano continuamente. Tuttavia, stante il considerevole diametro della terra, le verticali non troppo distanti fra loro sono sensibilmente parallele, e perciò le direzioni delle gravità comprese fra non lunghi intervalli ponno aversi come parallele. Il peso dei corpi, la caduta dei gravi sono effetti dipendenti dalla gravità. Il peso di un corpo è la risultante delle gravità di singole le molecole da cui il corpo è formato: come l'effetto è uguale alla causa così il peso dei corpi è proporzionale alla massa e varia in ragione inversa del quadrato della distanza del corpo dal centro terrestre. Ciò essendo, a parità di massa, i corpi pesano tanto più quanto più sono prossimi al centro della terra. Chiamasi *centro di gravità* il punto per cui passa la risultante delle forze parallele di gravità che sollecitano singole le molecole di un corpo o di un sistema di più corpi. Il peso di un corpo può intendersi riunito e raccolto nel centro di gravità. Fisicamente si trova il centro di gravità, sospendendo il corpo o qualche suo modello per due punti diversi; l'intersezione delle verticali che passano

pei punti di sospensione è il centro di gravità. Si può anche trovare meccanicamente. Nei corpi omogenei il centro di gravità coincide col centro di figura.

La caduta dei corpi è prodotta dalla gravità, la quale li fa muovere dall' alto in basso per stabilire l' equilibrio di pressione. Un corpo che è libero di cadere in tutte le direzioni segue la via la più breve, e descrive cadendo una verticale, e siccome in ciascun istante riceve dalla gravità dei nuovi impulsi così il suo moto si accelera di più in più. Esaminando la caduta dei corpi sui piani inclinati, nella macchina d'Atwood ed in altre analoghe macchine si è riconosciuto che gli spazii percorsi in uguali e successivi intervalli di tempo, cominciando dal principio del moto, sono rappresentati dalla serie dei numeri dispari 1, 3, 5, 7, 9. . . La gravità aumenta dunque di due la velocità in ciascun tempuscolo, salvo nel primo in cui produce soltanto uno di velocità, perchè nel primo tempuscolo una porzione della gravità è consumata a vincere lo stato di inerzia del corpo, mentre nei tempuscoli successivi viene intieramente destinata a produrre velocità, muovendosi già il corpo nella direzione in cui essa agisce; locchè conferma semprepiù il principio: l'effetto è uguale alla causa. Siccome in ciascun tempuscolo la velocità cresce di quantità sensibilmente eguali, così il moto dei corpi dall'alto in basso è uniformemente accelerato. L'accelerazione non è in ciascun tempuscolo matematicamente eguale, perchè il grave nel cadere, si avvicina al centro della terra, ed un tale avvicinamento fa crescere il grado d' intensità della forza di gravità. Nel vuoto i diversi corpi cadono con eguale velocità, locchè prova che la gravità è la stessa per tutti i corpi. La gravità (g), in un dato luogo, ha per misura il doppio dello spazio percorso dal mobile nella prima unità di tempo. I gravi cadendo nel vuoto alla latitudine di 45° ed al livello del mare percorrono nel primo minuto secondo della caduta metri 4, 9028; dunque ivi la gravità prendendo per unità di tempo il minuto secondo, e di spazio il metro, viene espressa dal numero 9, 8056. Negli altri luoghi è più grande o più piccola secondochè sono più vicini o più lontani dal centro terrestre.

Se nella caduta dei corpi, la gravità, mediante qualche artificio, cessa d'agire, il corpo continua a muoversi con moto uniforme, percorrendo, a parità di tempo, uno spazio doppio di quello percorso nel tempo in cui era sottoposto agli impulsi della gravità. Così se alla fine di un secondo si impedisce l'esercizio della gravità, il corpo nel secondo successivo percorre uno spazio doppio di quello che ha percorso nel primo secondo. Se la velocità acquistata alla fine di un secondo è g, la velocità acquistata alla fine di un tempo qualunque t sarà $v=gt$. Inoltre se gli spazii percorsi nei tempuscoli successivi sono rappresentati dai numeri dispari 1, 3, 5, 7... e se g esprime il doppio dello spazio percorso dal mobile nel primo secondo, ne viene che lo spazio percorso nel primo secondo è $=\frac{g}{2}$, e quello percorso in t secondi sarà $\frac{gt^2}{2}$, cioè gli spazii percorsi da un corpo che cade saranno proporzionali ai quadrati dei tempi. Se si prende il valore di t nell'equazione $v=gt$, e che lo si sostituisce nell'equazione $v=\frac{gt^2}{2}$ si troverà $s=\frac{v^2}{2g}$ e per mezzo di queste tre equazioni, conoscendo l'una di queste tre quantità, la velocità acquistata da un grave, l'altezza da cui è cadnto, il tempo durante il quale è caduto, si troverà facilmente le altre due.

Nell'aria come pure negli altri fluidi, i diversi corpi senza cessare di obbedire alle mentovate leggi, cadono con velocità diverse, perchè giusta il *principio d'Archimede* i corpi immersi in un fluido perdono tanto di peso quanto pesa il volume di fluido che spostano, il quale oppone per conseguenza alla loro caduta una resistenza proporzionale alla sua densità ed al suo volume e ne diminuisce proporzionatamente il grado di velocità. Diffatti se alle due estremità di una fune sostenuta da una puleggia si attaccano due masse eguali, nè l'una nè l'altra cade, ma se ad una di esse si aggiunga un corpo il cui peso sia un vigesimo, un centesimo... di quello della massa, essa cadrà con una velocità

che è venti volte, cento volte. . . più piccola di quella che sarebbe caduta, se fosse stata mossa dall' intiero suo peso, perchè la massa, senza che varii il suo volume, e quindi la resistenza che incontra, è spinta a cadere da una forza che è un vigesimo, un centesimo... della sua gravità totale. La velocità con cui i corpi cadono nell' aria cresce colla loro densità, perchè, a parità di peso, il loro volume è in ragione inversa della densità; e siccome la resistenza dell'aria è in ragione del volume che ne viene spostato dai corpi, così pesi eguali di diversi corpi debbono cadere tanto più velocemente quanto più piccolo è il loro volume, o con altre parole quanto più grande è la loro densità. E veramente se corpi di diverso peso incontrano la stessa resistenza avendo lo stesso volume, è certo che assai più di forza rimarrà a quelli che pesano maggiormente, e quindi una velocità maggiore. La velocità con cui i corpi cadono da eguali altezze, a parità di densità, diminuisce coll' estensione della superficie, perchè tanto più estesa è la loro superficie, tanto maggiori sono le azioni capillari e il numero delle molecole che toccano ed urtano, e tanto più grande è la velocità che perdono e che comunicano al fluido in cui si muovono. Una foglia d'oro cade con minore velocità di un grano d'oro che abbia la stessa massa. I corpi aggregati in massa cadono più velocemente di quelli ridotti in polvere. Nell' acqua in cui sono immersi corpi solidi di varia grossezza e di eguale densità si radunano a fondo prima i più grossi e poi successivamente gli altri. Le diverse materie solide che l'acqua di pioggia seco trascina discendendo con rapidità dalle montagne, si depongono successivamente in ragione della loro grossezza e densità: prima si raccolgono a fondo le grosse pietre, poi i ciottoli, poi le grosse sabbie, e poi quelle più tenui, le polveri più fine non si depongono che dopo un tempo più lungo, e vengono trasportate sino al mare. Le arti profittano di una tale proprietà per separare le parti più sottili di certe materie terrose dalle altre meno tenui: l'operazione che per tale effetto si eseguisce chiamasi *levigazione*.

Quando i corpi hanno una densità minore di quella dei

fluidi in cui sono immersi, allora invece di discendere ascendono, con una forza proporzionale alla differenza tra le due densità, ed al volume del corpo; se poi le densità sono eguali allora nè ascendono nè discendono. Stemperando in un soluto di cloruro di calcio avente una densità eguale a 2, un mescuglio di fosforo rosso e di fosforo ordinario, ed abbandonando il liquore torbido al riposo, succede che il fosforo rosso che ha una densità maggiore di due discende, mentre l'altro fosforo che ha una densità minore di due, ascende.

Le superficie libere dei solidi possono presentare ineguaglianze di diversa altezza e forma perchè le loro molecole gravitando più tra loro di quello che gravitino verso il centro terrestre, si oppongono all'azione della gravità: le superficie libere dei fluidi, se non interviene qualche causa estrinseca, si dispongono in un piano perpendicolare alla direzione della gravità, e però in un piano parallelo all'orizzonte, perchè le loro molecole essendo sciolte non si oppongono all'azione della gravità, la quale, per stabilire l'equilibrio di pressione fa cadere quelle che sono più elevate finchè la superficie di livello sia orizzontale. Su questa qualità è basato l' uso *del livello a bolla d'aria*, *del livello ad acqua* per riconoscere l'orizzontalità di un piano e di una linea. La pressione che un fluido esercita sopra le proprie molecole e sopra le pareti del vaso in cui è contenuto cresce a partire dalla superficie andando verso il fondo, il quale subisce la pressione massima: una tale pressione è uguale al peso di una colonna dello stesso fluido che abbia per base la superficie premuta e per altezza la sua distanza dalla superficie di livello, cioè è $= dab$ in cui d esprime la densità del fluido, a la sua altezza e b la superficie che si considera.

La risultante di tutte le pressioni esercitate da un liquido sul vaso che lo contiene è uguale al peso del liquido stesso, diretta verticalmente all'ingiù e passante pel centro di gravità del liquido; la risultante di tutte le pressioni esercitate da un liquido sopra un corpo immersovi in tutto od in parte è uguale al peso del liquido spostato (*principio d'Archimede*) diretta verticalmente all'insù e passante per il centro di gra-

vità del liquido. Ciò essendo perchè un corpo si equilibri nel liquido in cui è immerso è necessario 1° che il peso del corpo sia eguale al peso della massa liquida spostata; 2° che i centri di gravità del corpo e del liquido spostato cadano nella stessa verticale. Mancando la prima condizione, il corpo avrà moto progressivo in senso verticale. Pesando più il corpo del fluido rimosso, scenderà nel fluido con una forza $= P - P'$, e premerà il fondo con una forza eguale. P indica il peso del corpo, P' il peso del volume del liquido spostato. Pesando meno salirà a galla con una forza $= P' - P$, e sporgerà di tanto che il peso del liquido scacciato eguagli quello del corpo. Se manca la seconda condizione, il corpo girerà attorno il suo centro di gravità, finchè questo centro e quello della massa fluida spostata non cadano nella stessa verticale. Ove poi manchino entrambe le condizioni di equilibrio, il corpo avrà insieme moto progressivo e moto rotatorio.

Il peso che un corpo perde quando è immerso in un fluido indica dunque il peso del volume di fluido che ha spostato. Tenendo conto delle perdite diverse di peso che lo stesso solido soffre quando viene successivamente pesato in diversi liquidi, oppure del grado di sommersione di un galleggiante nei diversi liquidi, si giunge a conoscere quale sia il grado di densità dei liquidi, perchè a parità di volume le densità sono proporzionali ai pesi, ed a pesi eguali sono in ragione inversa dei volumi. Per tale effetto si sono costrutti dei particolari strumenti detti *areometri*, coi quali si determina non solo la densità dei liquidi ma anche quella dei solidi, essendochè se il peso di un solido nell'aria per es. è dieci, e nell'acqua è soltanto cinque, vuol dire che la densità del solido è doppia di quella dell'acqua...

I fluidi stante la scioltezza delle loro molecole, trasmettono egualmente in tutte le direzioni la pressione esercitata su di loro in una direzione qualunque. Ciò posto allorchè si preme un fluido contenuto in un vaso chiuso in qualche direzione, la pressione si trasmette colla stessa intensità a tutte le molecole che compongono la massa del fluido, di

guisa che una pressione, per esempio, eguale ad un chilogrammo fatta sopra una superficie di un centimetro quadrato esercita una pressione eguale a cento, ducento, mille... chilogrammi sopra una superficie di cento, ducento, mille... centimetri quadrati: e se si indica con p la pressione che soffre l'unità di superficie, quella sofferta da una superficie qualunque s sarà $=ps$. Sopra il principio in discorso è basato il *torchio idraulico* con cui si sottopongono i corpi a fortissime pressioni.

Se la pressione si trasmette con eguale intensità in tutti i sensi ne conseguita che la pressione esercitata da un liquido sul fondo di un vaso, a parità d'altezza del liquido, è sempre la stessa, sia che il vaso si stringa in alto sia che si allarghi; e questa pressione è sempre eguale al peso di una colonna liquida che abbia per base quel fondo, per altezza la sua distanza dalla superficie di livello. Ciò essendo la pressione di un liquido sul fondo di un vaso può essere maggiore, minore od eguale al peso del liquido in esso contenuto: è eguale se il vaso ha le pareti laterali perpendicolari alla base; è minore se il vaso si allarga in alto; è maggiore se si restringe. Con una piccola quantità di liquido si possono quindi esercitare pressioni grandissime. Per tale effetto basta adattare ad un vaso pieno d'acqua avente una base molto larga; un tubo lungo e sottile egualmente pieno d'acqua. L'acqua infiltrandosi nelle fessure di una rupe a grande profondità può generare frane e scoscendimenti enormi. La proprietà in discorso chiamasi *paradosso idrostatico*.

Perchè un liquido contenuto in più vasi fra loro comunicanti sia in equilibrio è necessario che la porzione di liquido che comunica coi diversi vasi soffra in tutte le direzioni un'eguale pressione, locchè non si realizza, nel caso dello stesso liquido, che quando il livello sia eguale in tutti i vasi, e nel caso di liquidi diversi, che quando le altezze dei liquidi nei diversi vasi sieno in ragione inversa delle densità. Chiamando d ed a la densità e l'altezza della colonna di un liquido, d' a' la densità e l'altezza della colonna del-

l'altro liquido, vi ha equilibrio quanto $da = d'a'$. Così versando in uno dei bracci di un tubo piegato a V dell'acqua e nell'altro del mercurio, l'altezza della colonna dell'acqua sarà 13, 59 maggiore di quella della colonna del mercurio, perchè la densità dell'acqua essendo 1, quella del mercurio è 13, 59.

La superficie solida e liquida della terra è sottoposta alla pressione dell'aria atmosferica, la quale varia incessantemente ed una tale variazione viene tosto comunicata alle molecole dei corpi circostanti, ed accusata da una variazione nel livello dei liquidi, il quale, per stabilire l'equilibrio di pressione, è costretto di elevarsi dove la pressione è diminuita, e di abbassarsi dove è cresciuta. I liquidi terrestri sono quindi mantenuti in continuo moto per le variazioni della pressione, e dalla gravità che fa cadere quelli che sono più elevati degli altri.

Estraendo l'aria da un tubo o da un vaso qualunque comunicante con un liquido, questo si eleva, spintovi dalla pressione atmosferica, finchè vi sia eguaglianza di pressione. L'acqua al livello del mare si eleva sino all'altezza di metri 10, 50, il mercurio si innalza sino all'altezza di metri 0, 76, locchè prova che l'aria esercita sulla terra, al livello del mare, una pressione pari a quella che vi eserciterebbe uno strato d'acqua alto metri 10, 50, oppure uno strato di mercurio alto metri 0, 76. Colle trombe aspiranti non si può quindi far salire l'acqua ad altezza maggiore di 10 metri e mezzo; per farla salire di più bisogna ricorrere alle trombe aspiranti e prementi. È la pressione dell'aria che mantiene il mercurio sollevato nei tubi barometrici. Le variazioni nel grado d'altezza della colonna di mercurio in un barometro servono quindi ad indicarci delle corrispondenti variazioni nella pressione dell'atmosfera. L'altezza della colonna barometrica non è la stessa nei diversi luoghi, e nei diversi tempi, locchè dimostra che la pressione atmosferica varia col variare del luogo e del tempo. L'altezza del mercurio cresce o diminuisce secondochè si scende o si sale al disopra del livello del mare, perchè l'altezza del sovrastante

strato d'aria, e quindi la pressione, cresce quando si scende e diminuisce quando si ascende. Per piccole altezze al disopra del livello del mare l'altezza del mercurio decresce di un millimetro ad ogni dieci metri circa d'ascesa. Le variazioni che succedono nei diversi tempi dipendono sia da variazioni nel grado di densità dell'aria cagionate da mutazioni di temperatura e dalla quantità di vapore acqueo, sia da variazioni nel grado d'altezza dello strato d'aria prodotte da ondulazioni che debbono avvenire nella parte superiore dell'atmosfera.

Le velocità sono proporzionali all'intensità delle forze prementi ossia delle pressioni. I liquidi scaturiscono dalle aperture dei vasi in cui sono contenuti con una velocità proporzionale alla pressione ossia all'altezza della colonna del liquido che si trova al disopra dell'orificio, e la loro velocità diminuisce col diminuire di tale altezza. Non solo i liquidi ma anche i gaz e gli stessi solidi fluiscono con una certa velocità dalle aperture dei vasi in cui sono contenuti se vengono convenientemente compressi: I gaz compressi sgorgano dalle aperture dei vasi con una velocità proporzionale alla pressione estrinseca. Mediante fortissime pressioni capaci di vincere la tenacità delle molecole dei solidi, il fisico Tresca giunse in questi ultimi tempi a far colare i solidi alla maniera dei liquidi.

In differenze di pressione consistono i motori delle diverse macchine artificiali. L'acqua, il vento, il vapore... mettono in moto le diverse macchine per le pressioni che esercitano sopra organi particolari delle medesime, e la quantità di movimento che producono è uguale alla grandezza e differenza della pressione. La differenza di pressione ora è cagionata dalla virtù attrattiva, ora dalla virtù repulsiva ossia espansiva della materia. Nelle macchine messe in moto dall'acqua, la differenza di pressione è un effetto della virtù attrattiva ossia della gravità che sollecita l'acqua ad avvicinarsi al centro della terra; nelle macchine mosse dal vapore, la differenza di pressione è cagionata dalla virtù espansiva del vapore... Se la contropressione cresce di pari passo della

pressione, o con altre parole se la resistenza da vincersi è uguale o maggiore della potenza, allora la materia non concepisce alcun moto artificiale, ma si limita a condensarsi e ad accrescere la temperatura ossia la velocità dei moti molecolari. In questo caso vi è pressione, sforzo esercitato, ma non vi ha lavoro. Pressioni che avrebbero potuto manifestarsi producendo un dato lavoro meccanico, si manifestano dunque producendo del calore ossia costringendo la materia a perdere in volume ed a guadagnare in velocità molecolare. Reciprocamente se la materia che opera in un dato luogo, vince colla sua virtù repulsiva le pressioni estrinseche, si espande e si raffredda, e la sua forza espansiva può venire applicata a produrre dei moti artificiali. Repulsioni che controbilanciate da eguali pressioni si sarebbero manifestate sotto forma di calore, si manifestano dunque producendo espansioni e moti artificiali. La stessa cagione può quindi ora manifestarsi sotto forma di calore, ora sotto forma di moto artificiale, e siccome l'effetto è uguale alla causa, così la quantità di moto artificiale che produce debbe essere eguale alla quantità di moto calorigeno, e se la stessa causa produce ad un tempo calore e moto artificiale, la quantità di un effetto debb'essere in ragione inversa della quantità dell'altro. In ciò consiste la *teoria meccanica del calore*. In questa teoria si ammette che il calore consista in un movimento particolare delle molecole, e che desso si possa convertire in lavoro ossia in moto artificiale, e reciprocamente che il lavoro si possa convertire in calore. Si sono per tale motivo istituite delle sperienze per trovare a quante unità di lavoro (elevazione di un chilogrammo ad un metro d' altezza) equivale un'unità di calorico (quantità di calorico necessaria per elevare da 0° ad 1° la temperatura di un chilogrammo d'acqua) e reciprocamente, o con altre parole per dimostrare quante unità di lavoro bisogna consumare per sviluppare un' unità di calorico, e quante unità di lavoro poteva produrre la scomparsa di un'unità di calorico. I risultati ottenuti furono assai diversi, perchè è difficilissimo che gli sperimentatori si collochino in condizioni identiche, e che i corpi adoperati

non subiscano delle alterazioni nella loro costituzione. Dalle recenti sperienze dei fisici Tresca e Laboulaye risulterebbe che la quantità di lavoro equivalente ad un'unità di calore è 433 invece di 424 numero generalmente adottato.

Giova notare che non sono gli effetti calore e lavoro che si convertono l'uno nell'altro, perchè un effetto non può convertirsi in un altro effetto, ma bensì la causa che li produce, la quale cangia modo di manifestarsi. Una causa che produce 433 unità di lavoro, può produrre un'unità di calorico, e reciprocamente: la stessa causa può inoltre produrre un'unità di freddo, se esercita sui corpi un'azione opposta alla pressione. Un filo di ferro si scalda se viene battuto col martello od altrimenti premuto; la stessa cagione che fece riscaldare il filo di ferro, lo fa raffreddare, come dimostrò Weber, se invece di premerlo lo fa allungare tirandolo. Quanto vengo di esporre è pienamente d'accordo col principio, che dicesi *della correlazione delle forze*, ammesso da tutti i scienziati, ed enunciato nelle seguenti proposizioni: 1° nulla si crea, nulla si distrugge in natura; 2° la manifestazione di nuove forze non è che l'apparizione di forze prima esistenti sotto un altro aspetto, e viceversa l'apparente annullamento di forze è un semplice cangiamento nel loro modo di manifestarsi; 3° tutte le forze conosciute sono di tal fatta, che possono trasformarsi parzialmente o totalmente le une nelle altre senza perdita e senza creazione di forza viva negli effetti che ne risultano. Bisogna quindi dare alle frasi trasformazione di un moto in un altro moto, trasformazione di lavoro in calore, di calore in lavoro... un significato diverso da quello che le viene generalmente attribuito. Non è il moto, il lavoro, il calore... in una parola non sono gli effetti che si trasformano ma bensì le cause, le forze che cangiano il loro modo di manifestazione; ma sono le pressioni e le tensioni che per equilibrarsi producono ora uno ora un altro effetto. *Ut tensio sic pressio, ut tensio et pressio sic vis, ut differentia virium sic motus.*

Per moltiplicare e variare gli effetti delle forze, e per applicarle con maggiore vantaggio alla produzione dei diversi

lavori si immaginarono dei congegni particolari detti *macchine*. In una macchina la forza motrice detta *potenza* opera su di un'altra forza detta *resistenza* per avere o l'equilibrio, o il movimento in una data direzione e con una data velocità. Le macchine semplici che formano il numero indefinito di macchine composte che l'umano ingegno ha immaginato e può immaginare si possono ridurre a cinque: *la leva, la puleggia, l'asse nella ruota, la vite ed il piano inclinato*. Dicesi leva una spranga inflessibile retta o curva, libera di rotare intorno ad un punto detto *fulcro o punto d'appoggio*, ed a cui sono applicate due forze di cui l'una dicesi potenza e l'altra resistenza. Le distanze delle direzioni di queste forze dal fulcro diconsi *bracci di leva;* il prodotto di una forza per la distanza della sua direzione da un dato punto chiamasi *momento di una forza*. In una leva si debbe dunque distinguere la potenza, la resistenza, il fulcro, il braccio della potenza, il braccio della resistenza, il momento della potenza, ed il momento della resistenza. La leva dicesi di primo genere od interfissa se il fulcro è collocato fra la potenza e la resistenza; di secondo genere od interresistente se la resistenza è posta tra il fulcro e la potenza; di terzo genere od interpotente se la potenza sta nel mezzo. Sono leve interfisse le bilancie, le stadere, le spranghe che tenute fra le mani per un'estremità ed appoggiate per la loro lunghezza su qualche punto fisso, sollevano un peso situato all'estremità opposta. Sono leve interresistenti i remi delle barche, e quelle stanghe che fissate contro la terra per una delle loro estremità e tenute in mano dall'altra sollevano un peso intermedio. Le molle da fuoco, i pedali degli organi sono leve interpotenti. In questo genere di leva il braccio della potenza è sempre più breve di quello della resistenza, e la prima è quindi sempre più grande della seconda.

Nelle leve interfisse le due forze sono parallele ed il fulcro sopporta una pressione eguale alla loro somma; negli altri due generi di leve le due forze sono inclinate ed il fulcro subisce una pressione eguale alla loro differenza.

Perchè una leva sia in equilibrio è necessario che il mo-

mento della potenza sia eguale al momento della resistenza, o con altre parole, che la potenza (p) moltiplicata per il suo braccio (a) sia uguale alla resistenza (r) moltiplicato per il suo braccio (b), di guisa da avere $pa=rb$. In una leva in equilibrio la potenza e la resistenza sono dunque in ragione inversa dei loro rispettivi bracci. Per turbare l'equilibrio di una leva, bisogna far variare le forze in modo da produrre una certa velocità, e da vincere le resistenze passive, senza delle quali una minima variazione basterebbe per farla muovere. Chiamansi *virtuali* le velocità con cui le potenze e le resistenze si muoverebbero se non si facessero mutuamente equilibrio. Queste velocità sono in ragione diretta dei bracci su cui agiscono le forze; e quindi in ragione inversa delle stesse forze. Allorchè $p=r$, la velocità di p è uguale a quella di r; allorchè $p<r$ la velocità di p è tanto più grande di quella di r quanto più r supera p. Indicando con v la velocità di p e con v la velocità di r si ha $pv=rv$. Risulta quindi che quanto più il braccio della potenza supera quello della resistenza, tanto più la velocità della potenza supererà quella della resistenza o con altre parole tanto maggiore sarà lo spazio che la potenza percorre in più della resistenza e reciprocamente. La quantità di movimento è quindi la quantità di lavoro di p e di r sono dunque eguali: *ciò che si guadagna in forza si perde in ispazio ossia in velocità, ed inversamente ciò che si guadagna in velocità si perde in forza.* Archimede che ha scoperto questo principio, ne ha espressa tutta l'importanza dicendo: *datemi una leva ed un punto di appoggio ed io solleverò il globo terraqueo.* Ma se si perde in velocità quanto, si guadagna in forza e reciprocamente, ne viene quest'altra conseguenza: che si guadagna in forza quanto si perde in tempo ed inversamente si guadagna in tempo quanto si perde in forza, perchè tanto più piccola è la velocità della resistenza tanto più grande è il tempo che impiega a percorrere un dato spazio e reciprocamente.

Nelle leve in moto la potenza e la resistenza rotano intorno al fulcro, il quale è sempre una forza opposta ed eguale alla

risultante della potenza e della resistenza, che, nei casi in cui la potenza è più piccola della resistenza, controbilancia la parte della resistenza che supera la potenza.

La teoria delle altre macchine semplici si può ridurre a quella della leva. La puleggia fissa è una leva di primo genere: il punto d'appoggio è sopra l'asse: i punti di tangenza dei due tratti della fune sono i punti di applicazione della potenza e della resistenza, e siccome i due bracci di questa leva sono eguali, così la forza di trazione (potenza) è uguale al peso del corpo (resistenza) che si ha da sollevare. La puleggia mobile è una leva interresistente. In questa macchina se i due tratti della fune sono paralleli, la potenza è la metà della resistenza. Nell'asse della ruota la resistenza è attaccata ad una corda che si avvolge intorno ad un cilindro mentre gira, e la potenza agisce tangenzialmente alla circonferenza della manovella o della ruota. Questa macchina si rapporta alle leve che hanno dei bracci ineguali. La potenza sta alla resistenza come il raggio del cilindro sta al raggio della manovella o della ruota. Nella vite la potenza agisce all'estremità di una stanga applicata alla testa della vite: la resistenza agisce parallelamente all'asse della vite. Il braccio della resistenza della vite è uguale al passo dell'elice, ed il braccio della potenza è uguale alla circonferenza del circolo descritto in eguale tempo dal punto su cui opera la potenza ossia dall'estremità della stanga. La teoria del piano inclinato può essere ridotta a quella di una leva di secondo genere, in cui il fulcro è rappresentato dalla fissità del piano, la resistenza dal peso del corpo, la potenza della forza necessaria per mantenere il corpo in equilibrio sul piano, il braccio della resistenza dall'altezza del piano, ed il braccio della potenza della lunghezza del piano, quando la potenza agisce parallelamente al piano; nel caso che la potenza agisca parallelamente alla base del piano, allora il braccio della potenza è uguale alla base. La pressione che il corpo esercita sul piano è $r-p$: a parità di lunghezza del piano, p è tanto più grande quanto maggiore è l'altezza, e reciprocamente. Allorchè $p=r$ oppure $=o$ non vi è più piano inclinato.

Le macchine composte artificiali, risultano come le naturali, dall'unione di più macchine semplici. Chiamasi *leva composta* una combinazione di leve che agiscono le une sulle altre. In un tale sistema le forze delle leve intermedie agiscono ad un tempo come potenza e come resistenza, e la potenza della prima leva è alla resistenza dell'ultima come il prodotto di tutti i bracci di leva che sono dal lato della resistenza è al prodotto di tutti i bracci di leva collocato dal lato della potenza.

Le ruote dentate sono macchine composte di una serie di ruote e di cilindri muniti di denti o di pinne. In queste macchine il primo cilindro o *rocchetto* (così chiamasi il cilindro quando ha denti o pinne) non sostiene immediatamente la resistenza ma imbocca coi suoi denti o pinne e fa muovere una ruota dentata, il cui rocchetto ne aggira similmente un'altra, e così sino all'ultima, al cui cilindro è attaccata la resistenza. In queste macchine la prima potenza sta alla seconda potenza, come il raggio del rocchetto sta al raggio della prima ruota; la seconda potenza sta alla terza, come il raggio del secondo rocchetto sta al raggio della seconda ruota e così di seguito. La *capra* è una macchina composta di un cilindro e di una o più puleggie in cui passa la corda che solleva le resistenze. Analoga composizione ha la *gru*... Queste due macchine servono ad elevare i materiali destinati alle costruzioni. Il *cric* si compone di un rocchetto che si fa girare con una leva: questo rocchetto imbocca con una ruota dentata, il cui rocchetto imbocca con una spranga dentata. Nelle macchine composte come nelle macchine semplici la potenza sta alla resistenza come la velocità virtuale o reale della resistenza, sta alla velocità virtuale o reale della potenza.

Colle macchine non si può accrescere la quantità di lavoro ma si può regolare e trasformare a volontà il modo di manifestarsi delle forze. Essendo l'effetto delle macchine il prodotto del peso per la sua velocità. noi potremo a piacimento aumentare l'uno dei fattori purchè si diminuisca l'altro in proporzione. E così potremo muovere per via di macchine un peso enorme purchè siamo contenti di muoverlo lenta-

mente; o viceversa muovere un peso con grandissima velocità, purchè sia un piccolo peso. L'urto di una corrente o la forza di una bestia non potrebbe usarsi a trarre acqua da un pozzo, o dalle cave le pietre, se non fosse trasmesso da una macchina; e l'uomo stesso cava acqua più agiatamente per via di una puleggia, che non farebbe traendo la secchia verticalmente all'insu; senza le macchine la forza del vapore non potreppe essere adoperata come motore, e l'elettrico ed il magnetico non potrebbero venire applicati per fabbricare i tessuti, e per trasmettere le idee in brevissimo spazio di tempo, a distanze sterminate. Per mezzo delle macchine si fanno muovere le resistenze con regolarità ed agire ad intervalli voluti di tempo, come negli orologi... Giova aggiungere che nelle macchine l'effetto utile è diminuito dalle resistenze passive (attriti rigidezza delle funi) inerenti alle medesime, dimodochè una forza capace di un lavoro eguale a cento, applicata ad una macchina produce un lavoro tanto minore quanto maggiore sono le resistenze passive. Bisogna quindi nelle macchine togliere, per quanto si può, le resistenze passive onde accrescere il lavoro utile. Gli attriti che sono in generale nocivi nelle macchine riescono utili in tanti altri casi: senza l'attrito ci sarebbe impossibile camminare su di un piano orizzontale, o star fermi su di un piano inclinato. Nelle arti si profitta talvolta delle resistenze passive per fare equilibrio con una piccola potenza ad una grande resistenza.

I moti sia naturali che artificiali sono in generale prodotti da più azioni, da più impulsi, i quali o producono il moto o lo ritardano e producono un moto negativo, oppure mantengono il corpo nella direzione in cui si muove. Il moto rettilineo di un corpo lanciato verticalmente, a parte l'azione resistente dell'aria, è l'effetto di due azioni, cioè dell'azione impulsiva che produce il movimento ascensionale e dell'azione ritardatrice della gravità: il corpo ascende con un moto uniformemente ritardato perchè l'azione continua e costante della gravità diminuisce in ciascun istante di una quantità eguale l'azione dell'impulso istantaneo finchè le due azioni sieno

eguali, allora il corpo si arresta per un istante infinitamente piccolo, e poi discende con moto uniformemente accelerato ed acquista discendendo per ciascun punto della verticale la stessa velocità che aveva ascendendo per lo stesso punto. dimodochè giunto che sia al punto da cui è partito ha la stessa velocità che aveva nell'atto della partenza, impiegando nel discendere tanto tempo che impiegò nell'ascendere. Ciò essendo per spingere un corpo ad una data altezza, bisogna imprimergli una velocità iniziale eguale a quella che acquistò cadendo da questa altezza. Questa verità razionale può essere dimostrata colla macchina di Atwood.

Le proprietà del movimento uniformemente ritardato sono le stesse che quelle del moto uniformemente accelerato prese in senso contrario. Chiamando a la velocità iniziale, cioè quella comunicatagli dalla forza istantanea, la sua velocità effettiva dopo i tempi 1, 2, 3... sarà

$$v=a-g;\ v=a-2g;\ v=a-3g\dots$$

e dopo un tempo qualunque t sarà dato da $v=a-gt$. Lo spazio che descriverebbe il corpo in virtù di a, in un dato tempo t è dato dalla formola $s=at$; lo spazio che tende a fargli descrivere nello stesso tempo t ma in senso contrario g è espresso da $s=\frac{gt^2}{2}$. Lo spazio realmente descritto dal corpo con moto uniformemente ritardato sarà dunque $s=at-\frac{gt^2}{2}$.

Ora da questa formola, e dall'altra precedente $v=a-gt$ si deduce che nel moto uniformemente ritardato le velocità decrescono in ragione dei tempi; che gli spazii nei singoli successivi tempi decrescono come i numeri dispari... 9, 7, 5, 3, 1; e che gli spazi, a contare dal principio del moto decrescono come i quadrati dei tempi stessi.

Il moto dei corpi lanciati obliquamente od orizzontalmente è anche prodotto dall'azione impellente e dalla gravità. Nel secondo caso le due azioni si tagliano ad angolo retto e non debbono contrariarsi fra loro, giacchè non debbe importare alla gravità che il corpo cadendo si muova o no orizzontalmente, purchè cada di quella quantità che sarebbe caduto

per la sua semplice azione, e debbe importar poco all'azione impulsiva che il corpo nell'andare avanti cada o no, purchè nel cadere vada avanti di quella quantità che sarebbe andato se non fosse caduto. In ciascun istante il corpo obbedisce a queste due azioni, va quindi avanti e cade, e descrive perciò col suo moto non una retta, ma una curva diversa a seconda del rapporto delle due azioni. Nel primo caso la gravità operando obliquamente all'azione impulsiva produce due effetti che sono in ragione inversa l'uno dell'altro, cioè fa cadere il corpo, e ne ritarda il suo movimento per cui il corpo cade tanto meno di quello che sarebbe caduto per l'azione totale della gravità, quanto più è ritardato dalla gravità nel suo moto e reciprocamente. La gravità fa cadere tanto meno il corpo quanto più obliquo è l'angolo che la sua verticale fa colla linea di proiezione, e quando queste due linee si sovrappongono, si ricade nel caso di un corpo spinto verticalmente in cui la gravità ritarda il moto del corpo, ma non lo fa più cadere, e quando le due linee si tagliano ad angolo retto, si ricade nel caso di un corpo lanciato orizzontalmente. La linea che il corpo descrive col suo moto è quindi una curva diversa a seconda del grado d'obliquità della spinta e del rapporto delle tre azioni. Il corpo ascenderà finchè l'azione impulsiva ascensionale sia eguale all'azione della gravità, e descriverà ascendendo un arco di parabola; allora il suo moto, stante l'eguaglianza delle due azioni impulsive e di gravità, sarà diretto orizzontalmente, ed il corpo si troverà nelle stesse condizioni che se fosse da questo punto lanciato orizzontalmente, e percorrerà cadendo per l'azione della gravità, ed andando avanti per l'azione impulsiva un arco di parabola eguale a quello percorso nel suo moto ascendente. Cognito il valore delle azioni che producono il moto, si determina geometricamente la natura della curva.

Il moto centrale, o con altre parole il moto di un corpo intorno ad un centro è prodotto da tre azioni, cioè da un'azione centripeta che spinge il corpo verso il centro, da un'azione centrifuga che lo spinge verso la periferia e controbilancia la centripeta, e da un'azione che lo fa muovere nella

direzione della curva. Le due ultime azioni derivano dalla decomposizione di un'azione (*forza tangenziale*) diretta secondo la tangente alla curva descritta dal corpo, la quale è ad ogni momento indotta dalla forza centripeta a risolversi in due azioni, l'una centrifuga e l'altra diretta secondo l'elemento successivo della curva. Il moto della pietra nella fionda, della luna intorno alla terra, della terra intorno al sole... sono moti centrali. Il tempo che impiega un corpo a descrivere una intiera circonferenza attorno ad un centro chiamasi *tempo periodico*. Qualunque retta tirata dal centro su di un punto qualunque della curva descritta dal corpo, chiamasi *raggio vettore*. Lo spazio compreso tra due raggi vettori e l'arco, si chiama *area descritta* dal raggio vettore, o area descritta dal corpo mentre percorre un dato arco.

Nei moti centrali le intensità delle tre azioni, sono tra loro eguali, altrimenti non vi è equilibrio; perchè se l'intensità centrifuga è più grande della centripeta, il corpo si distacca dal centro, se è più piccola cade sul centro, e l'intensità ossia il grado di velocità prodotto dalla terza azione debbe variare di pari passo del grado di intensità delle altre due. Quando il corpo si avvicina al centro l'intensità centripeta cresce, ma crescono pure di pari passo la intensità delle due altre azioni e reciprocamente, di guisa che, a parità di grandezza delle forze, il corpo descrive aree eguali in tempi eguali. Così se la fune di una fionda, mentre il grave che sostiene gira, varia di lunghezza, il grave si muove con maggiore o minore velocità secondochè la fune si accorcia o si allunga.

In ogni moto centrale si sviluppa un'azione centrifuga proporzionale al grado di velocità: ed è per questa che una vettura in uno svolto di via ribalta, se non si modera la velocità, un cavallo che gira rapidamente in un *circo* si inclina verso il centro dello stesso circo, e ciò fa anche il cavallerizzo che vi sta sopra. In tale modo l'uno e l'altro contrastano alla forza centrifuga che tende a spingerli fuori del circo. L'azione centrifuga di ogni moto centrale è espressa da $\frac{mv^2}{r}$, essendo m la massa del mobile, v la velocità nel

punto ove si vuole conoscere l'azione centrifuga, ed r il raggio di curvatura della linea percorsa dal mobile nel punto che si considera. Quando il moto è circolare essa è espressa da $\frac{4\pi mr}{t^2}$, essendo π il rapporto della circonferenza al diametro, m la massa del mobile, r il raggio del cerchio descritto, e t il tempo periodico. Nel moto centrale se la forza centripeta cessasse di agire ad un tratto, il mobile abbandonerebbe la curva che descrive, per fuggirsene lungo una tangente alla medesima.

L'azione centrifuga che si manifesta nel moto centrale è stata applicata alla costruzione di macchine destinate alla dissecazione dei tessuti nelle tintorie, di apparati di ventilazione con cui si rinnova l'aria nelle navi, nelle sale degli spedali, dei teatri.....

Il *moto rotatorio* o *di rotazione* cioè quello di un corpo che gira intorno se stesso è come il moto centrale l'effetto di tre azioni. L'asse fisso ideale o materiale intorno al quale il corpo gira, dicesi *asse di rotazione*. Gli archi descritti in uno stesso tempo dai diversi punti del corpo sono tanto più grandi, quanto più questi punti sono lontani dall'asse, ma sono tra di loro simili e di un medesimo numero di gradi, e stanno fra di loro nel rapporto dei raggi. La velocità dei diversi punti è dunque in ragione diretta dei raggi. Chiamasi *velocità angolare* l'angolo descritto dal corpo nell'unità di tempo. Così la terra nel suo moto diurno, si dice avere una velocità angolare di 15° per ora, perchè se si concepisce nell'interno di essa una retta perpendicolare al suo asse polare, questa retta descrive un angolo di 15° in un'ora. Chiamando v la velocità angolare, ed r il raggio ossia la distanza di un punto qualunque dall'asse di rotazione, la velocità assoluta del punto sarà rv.

Nei sistemi rotatorii naturali mentre le parti rotano intorno al centro del sistema, l'intiero sistema gira intorno ad un altro centro, e ciascuna parte del sistema rotante descrive intorno al centro superiore, a parità di tempo, la stessa area, se il moto rotatorio del sistema è positivo ossia diretto nello

stesso senso del moto rivolutivo, perchè in questo caso nelle parti del sistema più prossime al centro superiore i due moti rotatorio e rivolutivo cospirano, e l'area descritta guadagna in arco quanto ha perduto in raggio, mentre nelle parti del sistema più lontane dal centro, i due moti sono opposti e l'area descritta perde in arco quanto ha guadagnato in raggio, e ciò per ragioni meccaniche e geometriche facili a concepirsi. Se il moto rotatorio fosse negativo cioè diretto in senso opposto del rivolutivo, allora singoli i punti descrivono la stessa area in un tempo periodico, ossia nel tempo che il sistema rotante impiega a compiere un giro intiero intorno se stesso. Le varie parti d'un sistema rotante descrivono dunque tutte la stessa area intorno al centro superiore, area che è ugnale a quella che descrive il centro dello stesso sistema.

Gli impulsi e quindi i moti che animano una massa, un sistema possono essere proprii o comuni con altre masse, con altri sistemi. Nei sistemi complessi il moto proprio degli organi ossia dei sistemi minori non è comune ai sistemi maggiori, mentre quello dei sistemi maggiori è comune ai sistemi minori, essendochè il moto proprio dei primi è il risultato dei moti comuni dei secondi. Il moto proprio di una nave è comune a tutte le parti che la informano ed agli oggetti che contiene, mentre i moti proprii di questi non sono comuni alla nave, ma bensì alle parti minori da cui gli oggetti sono formati. Ogni moto, tranne quello proprio degli atomi, è dunque ad un tempo proprio e comune. Un corpo che non sia animato di moti proprii dicesi che è in riposo. Gli oggetti terrestri sono in stato di riposo se rimangono nello stesso luogo; sono in stato di movimento se passano da un luogo ad un altro. Il riposo è relativo e giammai assoluto. Un corpo terrestre sarebbe in stato di riposo assoluto se la terra che concorre a formare e le molecole da cui è formato non si muovessero. Anche il movimento di un corpo è sempre relativo perchè i corpi ai quali si riferisce la sua posizione variabile, non sono fissi ossia in stato di riposo assoluto.

Le masse animate da più forze, da più moti relativi non

possono muoversi che in una sola direzione che è quella in cui agisce la *risultante* delle diverse forze le quali chiamansi *componenti*. Quando la risultante è eguale a zero, il moto assoluto è anche zero. Trovare una forza unica la quale si possa sostituire all'azione di più forze date, si dice trovare la risultante di queste forze oppure comporre queste forze. Determinata la risultante di più forze, basterà opporre al suo punto d'applicazione una forza che le sia eguale per aversi l'equilibrio. Per determinare la direzione della risultante di un numero qualunque di forze, comunque dirette relativamente l'una all'altra, ma ciascuna delle quali agisce sempre parallelamente a se stessa, si fa uso della legge generale del moto composto, che si enuncia nei seguenti termini. *Se distinti movimenti sono impressi ad un tempo, o successivamente, ad un corpo, questi si compongono in modo che il corpo si trova in ciascun istante nello stesso luogo dello spazio, nel quale si troverebbe in virtù della combinazione di questi movimenti, se esistesse ciascuno realmente e separatamente nel corpo.* Partendo da questa legge, si considera a parte ciascuno dei movimenti che produrrebbe ciascuna delle forze componenti, si determina il punto nel quale si troverebbe il corpo, se i movimenti si eseguissero l'uno dopo l'altro nella propria direzione, ed il punto così determinato sarà realmente quello nel quale dovrà trovarsi il corpo per l'effetto simultaneo di quei movimenti. Si usa nella statica, che è la parte della meccanica che tratta dell'equilibrio delle forze, rappresentare graficamente l'intensità di queste con linee rette proporzionali alle medesime. Se due forze agiscono sopra un punto ad angolo qualunque, compiuto il parallelogrammo colle rette che le rappresentano, la diagonale rappresenterà la risultante. Una barca spinta dalla forza della corrente di un fiume nella direzione AC e da quella del vento o dei remi nella direzione AB si muoverà in una direziona intermedia AD che sarà la diagonale del parallelogrammo co-

strutto su le due rette AC, AB che rappresentano le direzioni e le intensità di quelle due forze. Il principio in discorso è conosciuto sotto il nome del teorema del *parallelogrammo delle forze*. Quando le due forze sono eguali la risultante divide sempre il loro angolo in due parti eguali: allorchè sono disuguali, la risultante taglia anche l'angolo in due parti disuguali, e si avvicina sempre più alla forza maggiore. Quanto minore è l'angolo formato dalle componenti tanto più grande è la risultante, la quale è però sempre minore della somma delle due componenti; quanto maggiore è l'angolo, tanto minore sarà la risultante, perchè le componenti si elidono tanto più tra loro premendosi vicendevolmente e manifestandosi sotto forma di calore quanto maggiore è l'angolo sotto cui si tagliano. Allorchè quest'angolo diventa nullo, i lati del parallelogrammo si confondono, la diagonale diventa eguale alla loro somma, e si ha il caso di due forze coincidenti dirette nello stesso senso, la cui risultante è uguale alla loro somma. Allorchè i due lati del parallelogrammo formano un angolo di 180°, allora le componenti sono direttamente opposte, la risultante non ha più una direzione intermedia, e si ha il caso di due forze direttamente opposte la cui risultante è uguale alla differenza.

La risultante di un numero qualunque di forze applicate ad un punto si trova componendo la risultante di due delle forze date, con una terza forza, e così di seguito finchè si arrivi alla risultante finale. Per tale effetto si può formare un parallelogrammo colle rette che esprimano le prime due forze, e la diagonale esprimerà la loro risultante, con la quale e con la retta che esprime la terza forza si forma un nuovo parallelogramma, la nuova diagonale sarà la risultante delle tre prime. Proseguendo così l'ultima diagonale sarà la risultante di tutte.

La risultante di due forze parallele e cospiranti ossia agenti per lo stesso verso applicate a due punti *a*, *b* connessi invariabilmente fra loro, è parallela alle forze componenti, eguale alla loro somma, e divide la retta *ab* in parti reciprocamente proporzionali. Sia *d* la distanza della forza *a*

dall'altra b: la distanza (d') dal punto di applicazione della risultante dalla componente b sarà $=\frac{da}{b+a}$ e la distanza (d'') dello stesso punto dalla componente a sarà$=\frac{db}{b+a}$, ed il momento bd' sarà eguale al momento ad''. La risultante di due forze parallele ineguali agenti in senso opposto è uguale alla loro differenza parallela e cospirante colla forza maggiore: se le due forze sono eguali ed opposte, la risultante diviene zero, e non può mai essere rimpiazzata da una forza unica. Le due forze parallele eguali e non cospiranti formano un sistema che dicesi *coppia*. La risultante di tre o più forze parallele si trova componendole due a due come si è indicato per le forze applicate ad un punto. In ogni sistema di forze parallele esiste un punto pel quale passa costantemente la direziono della risultante quando si facciano girare le componenti dalla stessa parte, e di un medesimo angolo intorno ai loro punti d'applicazione in modo che si conservino sempre parallele. Quel punto dicesi *centro delle forze parallele.*

Ogni atomo è contemporaneamente animato da più impulsi in virtù dei quali vibra e rota intorno se stesso, e gira ed oscilla intorno a tantissimi centri di più in più lontani. Per trovare la risultante ossia la linea che muovendosi descrive bisogna comporre tutti gli impulsi da cui è animato. La linea descritta da un atomo incominciò nell'istante della sua nascita e finirà alla sua morte, cioè quando la virtù attrattiva cesserà di mantenre condensato l'etere dalla cui condensazione è nato. Se nell'infinità dello spazio non esistesse che un solo atomo animato di un solo impulso continuo e diretto nel medesimo senso, l'atomo si muoverebbe in linea retta con moto uniformemente accelerato; se l'impulso continuo per un certo tempo agisse in un senso e per un tempo eguale in senso opposto, l'atomo si muoverebbe ancora in linea retta e sempre nel medesimo senso, ora con moto uniformemente accelerato, ora con moto uniformente ritardato, perchè il secondo impulso annienterebbe a poco a poco

la velocità prodotta dal primo, il terzo impulso produrrebbe l'effetto del primo, il quarto l'effetto del secondo impulso e così di seguito, dimodochè l'atomo si muoverebbe nella direzione del primo impulso con moto uniformemente accelerato nel periodo dagli impulsi dispari, e con moto uniformemente ritardato nel periodo degli impulsi pari. Se il secondo impulso ed in seguito tutti gli altri impulsi pari durassero meno degli impulsi dispari, l'atomo si muoverebbe in linea retta sempre nello stesso senso con moto ora ritardato ora accelerato ma che si accelererebbe di più in più. Se il secondo impulso e gli altri impulsi pari durassero di più di quelli dispari, l'atomo si muoverebbe per un certo tempo ora in un senso ora in senso opposto, e poi prenderebbe a muoversi con moto ora accelerato ora ritardato ma che si accelera di più in più nella direzione degli impulsi di maggiore durata. Se l'impulso continuo per un certo tempo operasse in un senso e per un tempo eguale o disuguale operasse in altro senso che fa angolo col primo e così di seguito, allora l'atomo descriverebbe muovendosi una linea sinuosa, e con un moto che varierebbe a seconda del rapporto della durata degli impulsi agenti in sensi diversi. Se la forza dopo aver dato un impulso istantaneo all'atomo cessasse di agire, il punto materiale si muoverebbe per un tempo proporzionale all'intensità dell'impulso e poi cesserebbe di muoversi, perchè la resistenza che esso oppone al moto ne estinguerebbe a poco a poco la velocità: allora l'atomo cesserebbe di esistere. Il moto prodotto da un impulso istantaneo, rigorosamente parlando, non è quindi uniforme, ma la sua velocità diminuisce in ciascun tempuscolo di una quantità infinitesimale. Ciò essendo ne emerge che la velocità prodotta da un impulso istantaneo qualunque, ancorchè si potessero annullare tutte le resistenze estrinseche, verrebbe a poco a poco distrutta dalla resistenza della stessa massa che rende sensibile ed esistente il moto, massa che non si può supporre annullata senza annullare in pari tempo lo stesso moto. Non sono quindi nella via del vero coloro i quali pensano che il moto prodotto da un impulso istantaneo durerebbe eterna-

mente se venissero annullate tutte le resistenze. Quest'errore, a mio avviso è una conseguenza di un altro errore, che l'inesteso possa generare l'esteso.

Se è permesso nel calcolo il supporre il punto senza dimensioni, la linea con una sola dimensione, e la superficie con due dimensioni, in metafisica si debbe considerare il punto come un esteso che ha tre dimensioni infinitamente piccole, la linea come un esteso che ha due dimensioni infinitamente piccole, ed una dimensione finita, e la superficie come un esteso che ha un'estensione infinitamente piccola e due dimensioni finite.

Come di più forze si compone una sola, così una forza data può risolversi per un'operazione inversa in più altre. Una forza qualunque può sempre risolversi in due componenti rappresentate dai lati del parallelogrammo, avente per diagonale la forza data, oppure in più forze parallele. Allorchè non è dato che il numero delle forze parallele in cui vuolsi decomporre una data forza, la risoluzione può farsi in infinite guise ed il problema è indeterminato. Rendesi però determinato aggiungendo le distanze a cui si debbono applicare le componenti, perchè la distanza totale sta alla forza da decomporre come la distanza parziale sta alle sue componenti, di guisa da avere $x = \frac{a \times d'}{d}$; $y = \frac{a \times d''}{d}$... in cui a esprime la forza da decomporre, d la distanza totale, x una componente e d' la sua distanza parziale, y un'altra componente e d'' la sua distanza parziale.

La pressione totale di una vôlta, di un arco, si decompone in tante pressioni parziali quanti sono i punti su cui la vôlta o l'arco appoggia. In una volta si debbono distinguere due specie di pressioni, l'una verticale che tende a schiacciare il piediritto che sostiene la vôlta, e l'altra orizzontale che tende a romperlo per traverso. La pressione verticale è in ragione diretta del peso della vôlta, ed in ragione inversa dei punti d'appoggio: l'orizzontale è in ragione diretta del peso della vôlta, ed in ragione inversa composta dei punti d'appoggio e della sua curvatura, perchè tanto più curva è una vôlta,

tanto minore, a parità delle altre circostanze, è la sua pressione orizzontale. La pressione verticale è vinta dalle resistenze che oppongono i piediritti ad essere schiacciati: l'orizzontale da quelle che oppongono a scostarsi dalla verticale, oppure per mezzo di chiavi o di radici, o con il contrasto di un'altra vôlta che preme in senso contrario ed opposto, od anche dalla tenacità del cemento che lega insieme i mattoni e le pietre che formano la vôlta, giacchè se la resistenza del cemento fosse invincibile, la vôlta sarebbe come tutto un masso, e qualunque figura si avesse sarebbe sempre abbastanza sicura, purchè i piediritti avessero forza bastevole a sostenerla. Le azioni che tendono a distruggere l'equilibrio di una macchina, di un edificio si possono dividere in tre classi: altre tendono a squarciare le parti per trazione, altre a romperle per traverso, altre a schiacciarle per compressione. Spetta alla prima classe lo stiramento che soffrono le chiavi e le catene delle vôlte, e le piane dei tetti; alla seconda il carico che tenta piegare o rompere le travi orizzontali o inclinate; alla terza quello che aggrava verticalmente i muri e le colonne. A queste azioni si oppone l'inerzia delle molecole a cangiare di posizione, inerzia che varia a seconda della natura e della disposizione delle molecole che formano i corpi solidi. La scienza che studia la struttura e le condizioni d'equilibrio delle fabbriche chiamasi *architettura.*

Mediante variazioni della pressione si possono non solo produrre i moltiplici fenomeni che vengo di indicare ma ancora disgregare e polverizzare i corpi solidi, ridurre in lamine od in fili i corpi malleabili, e separare i corpi fluidi da quelli solidi. Premendo sufficientemenle i semi oleosi od altri mescugli di sostanze liquide e di sostanze solide, le prime si separano e colano, mentre le seconde restano sotto la forza premente.

Le variazioni di temperatura fanno variare le disposizioni delle molecole perchè fanno variare le loro repulsioni ed armonie. Quando la temperatura cresce la repulsione cresce, e le armonie variano ed una tale variazione può indurre le molecole ad ordinarsi in un altro modo. Il grado di tempe-

ratura e di repulsione molecolare cresce quando le radiazioni calorifiche che i corpi ricevono sono più intense di quelle che emettono, o con altre parole quando i corpi sono sottomessi all' influenza di sorgenti calorifiche. L' aumento della repulsione fa crescere le distanze e quindi dilatare i corpi, la variazione d'ordinamento delle molecole può far crescere o diminuire le loro distanze e quindi il volume dei corpi. Ciò essendo il volume dei corpi, per l'aumento della loro temperatura, può crescere o diminuire, od anche non variare. In generale cresce. Quando diminuisce vuol dire che l'aumento di volume cagionato dall'accrescimento della pressione è minore della diminuzione di volume prodotta dalla variazione d' ordinamento delle molecole. Presentano questi casi l'acqua, il diamante, il rame ossidulato... in certi intervalli di aumento di temperatura. Così per es. l'acqua riscaldata da 0° a + 4 invece di dilatarsi si restringe.

La dilatazione dei corpi per opera del calorico è regolare cioè ad eguali aumenti di temperatura rispondono accrescimenti di volume eguali o quasi eguali quando l'ordinamento delle molecole non cangia; negli altri casi la dilatazione procede in un modo irregolare perchè l'aumento delle distanze prodotto dall' aumento dell' azione repulsiva è accresciuto o diminuito dalla variazione nell' ordinamento delle molecole. Nei gaz la dilatazione è regolare perchè le loro molecole sono in tutte le direzioni collocate a distanze eguali, le quali al crescere della temperatura crescendo di quantità eguali, non ne fanno variare l'ordinamento. Nei liquidi e nei solidi la dilatazione è in generale irregolare perchè l'aumento delle distanze è quasi sempre accompagnato da una variazione nell'assettamento delle molecole.

Le radiazioni calorifiche fissandosi nei corpi producono due effetti, cioè accrescono le distanze e le velocità. A parità di calorico fissato la quantità di un effetto è in ragione inversa di quella dell'altro di guisa da avere $Q=dv$, in cui Q indica la quantità di calorico, d l'aumento delle distanze, e v l'aumento delle velocità. Il rapporto tra questi due effetti è regolato dall'attrazione molecolare. L'aumento delle distanze

è in ragione inversa, e quello delle velocità in ragione diretta dell'attrazione, perchè tanto più grande è questa forza tanto maggiore è la resistenza che oppone all'allontanamento delle molecole, e qualora crescesse di pari passo dell'azione repulsiva, allora il calorico si limiterebbe ad accrescere le velocità e non produrrebbe che un solo effetto. Ciò essendo si comprende il perchè i gaz si dilatano più dei liquidi, e questi più dei solidi, e fra i solidi si dilatano meno quelli dotati di maggiore grado di coesione, e quando un solido ha una struttura eterogenea, come nei cristalli a doppia rifrazione, la sua dilatazione è maggiore nelle direzioni in cui le molecole sono meno coerenti, e minore nelle altre. I corpi solidi meno dilatabili sono appunto fra i fragili i più duri e fra i malleabili i più tenaci. Le poche eccezioni che questa legge presenta dipendono dalle irregolari variazioni di volume cagionate dalle variazioni nell'ordinamento delle molecole.

Chiamasi *coefficiente di dilatazione* il numero che esprime la quantità di cui cresce l'unità di volume di un corpo per l'aumento di un grado della sua temperatura. Questo coefficiente è costante o no secondochè la dilatazione è regolare od irregolare. Nel secondo caso si assume un coefficiente medio di dilatazione che è dato dal quoziente del numero che esprime l'aumento totale di volume, per un certo numero di gradi di temperatura, diviso per il numero di questi gradi. Nei solidi si può considerare la dilatazione in una, in due od in tutte tre le dimensioni, d'onde i nomi di *dilatazione lineare, dilatazione superficiale, dilatazione cubica*. Per determinare il coefficiente di dilatazione lineare di un corpo basta di sapere quale sia la sua lunghezza l a 0°, e quella che acquista $(l+h)$ ad 1°, il suo coefficiente n sarà dato dalla formola $n=\frac{h}{l}$. Ammettendo poi come si suol fare, e come molto prossimamente avviene per i metalli e per molti altri corpi entro limiti non troppo estesi di temperatura, che gli incrementi successivi di lunghezza siano proporzionali ai gradi di riscaldamento, il corpo di lunghezza l a 0° e di

lunghezza $l+h$ a t gradi, avrà per coefficiente di dilatazione lineare $n=\frac{h}{lt}$ d'onde $h=nlt$.

Allorchè un corpo è omogeneo, tutte le sue dimensioni crescono nello stesso rapporto per l'aumento di temperatura, e quindi la dilatazione quadrata può assumersi come doppia, e la cubica come tripla della dilatazione lineare. Abbiasi un cubo di sostanza omogenea il cui lato sia $=1$ alle temperie 0^o, alla temperatura 1^o questo lato diventerà $1+l$, e quindi il volume del cubo che alla temperatura 0^o era 1, alla temperatura 1^o sarà $(1+l)^3=1+3l+3l^2+l^3$. Ma siccome la quantità l è una frazione piccolissima, così il suo quadrato l^2 ed il suo cubo l^3 saranno anche piccolissimi e trascurabili, e però il volume di quel cubo alla temperatura 1^o sarà approssimativamente $=1+3l$, la dilatazione quadrata $=2l$, e la cubica $=3l$, ossia tripla della dilatazione lineare.

Nei liquidi non si considera che la dilatazione cubica, la quale può essere apparente o reale. La *dilatazione apparente* è l'aumento di volume manifestato da un liquido contenuto in un recipiente dilatabile per l'azione del calorico. La *dilatazione assoluta* è l'aumento reale di volume dei liquidi, fatta astrazione dalla dilatazione del vaso, ossia l'aumento di volume che proverebbero contenuti in un vaso non dilatabile. La dilatazione apparente non è dunque altro che la differenza tra la dilatazione reale del liquido e l'aumento di capacità del vaso: essa varia quindi colla natura del liquido e della materia del vaso, e se un liquido si dilatasse esattamente della stessa quantità di cui si dilata la materia del vaso, non avrebbe luogo dilatazione apparente, e se si dilatasse di meno si avrebbe un restringimento apparente. Si determina il coefficiente di dilatazione apparente dei liquidi scaldandoli in vasi chiusi di nota capacità terminati da un tubo graduato. L'aumento di volume viene indicato dal grado di ascensione del liquido nel tubo. Sia V il volume del liquido, V' il volume dello stesso liquido dopo aver elevato

di t gradi la sua temperatura, il coefficiente di dilatazione è $=\frac{V'-V}{t}$.

Aggiungendo al coefficiente di dilatazione apparente il coefficiente di dilatazione della sostanza del vaso si ha approssimativamente il coefficiente di dilatazione assoluta; dico approssimativamente perchè la dilatazione lineare dello spessore della parete del vaso non fa crescere, per ragioni geometriche facili a concepirsi, la sua capacità interna. Si determina anche il coefficiente di dilatazione assoluta dei liquidi col metodo di Dulong e Petit fondato sul principio idrostatico dell'equilibrio dei liquidi di diverse densità nei tubi comunicanti, e quindi indipendenti dalla dilatazione del recipiente. Un liquido, per es. il mercurio, introdotto in un tubo piegato a U si eleva alla stessa altezza (a) nei due bracci. Se il mercurio contenuto in un braccio del tubo si riscalda di t gradi di più di quello contenuto nell'altro, la sua densità diminuisce, e la sua altezza a' diviene maggiore dell'altezza a del mercurio contenuto nell'altro braccio, ed il suo coefficiente di dilatazione K è $=\frac{a'-a}{at}$.

Il coefficiente di dilatazione dei gaz si determina come quello dei liquidi scaldandoli in un tubo termometrico diviso in parti di eguale capacità, e di cui si conosce il rapporto colla capacità della bolla. Introdotto il gaz secco in questo tubo, lo si chiude per mezzo di una piccola colonna di mercurio, e si dispone orizzontalmente in una cassetta rettangolare: facendo variare la temperatura, la colonna di mercurio si muove verso la bolla o verso l'apertura del tubo secondochè la temperatura diminuisce o cresce, ed indica così la variazione di volume del gaz. Si era trovato che i diversi gaz avevano lo stesso coefficiente di dilatazione espresso da 0,00375, ma più tardi Rudberg, Magnus e Regnault con metodi più rigorosi trovarono, che non tutti i gaz hanno lo stesso coefficiente, e che mentre il coefficiente dell'aria e dell'idrogeno era 0,00366, quello dell'anidride carbonica era 0,00371, dell'anidride solforosa 0,00390. Questi coeffi-

cienti furono ottenuti sotto la pressione costante di una atmosfera ossia di 0,76. Sotto una pressione maggiore essi crescono, in generale di alcun poco. Il coefficiente di dilatazione dei liquidi e dei solidi è assai più piccolo di quello dei gaz.

1000 centimetri cubi d'aria	a 0°	diventano	1366,	a 100
1000 id. id. d'acqua	a 0°	»	1045,	id.
1000 id. id. di ferro	a 0°	»	1001,	id.

Il coefficiente di dilatazione dei corpi in generale e sopratutto quello dei solidi cresce alquanto al crescere della temperatura, perchè al crescere di queste le attrazioni molecolari diminuiscono.

Se la temperatura quando aumenta fa crescere il volume dei corpi, quando diminuisce lo fa diminuire, di guisa che il coefficiente di restringimento è uguale al coefficiente di dilatazione. La proprietà che hanno i corpi di variare di volume al variare della temperatura, la diversità dei loro coefficienti, non che le forze che spiegano nel variare di volume ricevettero delle utili applicazioni. Sulla variazione di volume dei corpi pel calore sono fondati i *termometri*, stromenti destinati alla misura dei gradi di caldo e di freddo, ossia dei relativi gradi di temperatura.

Chiamasi *corpo termoscopico* quello che nel termometro indica le variazioni di temperatura per mezzo delle variazioni di volume che soffre. Per tale uopo si usano i corpi che si dilatano con maggiore regolarità, come il mercurio, l'alcole, l'aria, i metalli... Per costrurre un termometro a mercurio si introduce una quantità sufficiente di questo liquido in un sottile tubo di vetro ben calibrato, diritto, e munito inferiormente di una bolla; chiuso il tubo colla lampada, dopo averne espulsa l'aria mediante lo scaldamento dello stesso mercurio, si immerge nel ghiaccio fondente e si segna zero nel punto a cui giunge il mercurio nel tubo, quindi si immerge nel vapore dell'acqua bollente e si segna il punto a cui il mercurio si è elevato, e si divide lo spazio tra questo segno ed il segno zero in 100 od in 80 parti eguali che si chiamano *gradi*, secondochè si vuole costrurre un termometro centigrado od ottantigrado, e si prolunga la scala al

disotto dello zero, ed al disopra del grado 100 od 80, mantenendo eguali le distanze tra i gradi. Nello stabilire in un termometro il segno 100 od 80 corrispondente al vapore che si eleva dall'acqua bollente, bisogna tener conto della pressione atmosferica, la quale debbe essere di $0^m, 76$, essendochè la temperatura del vapore è maggiore o minore dell'indicata, secondochè la pressione è $<$ o $>$ di $0^m, 76$, ed in tale caso si debbono fare le debite correzioni. Sostituendo l'alcole al mercurio si ha il termometro ad alcole. Lo zero di questo termometro si ottiene anche immergendolo nel ghiaccio fondente, l'altro punto fisso non si può stabilire per mezzo del vapore dell' acqua bollente perchè l' alcole bolle a temperatura più bassa dell'acqua, si compie perciò la graduazione paragonandola con un termometro a mercurio ben graduato. Il termometro a mercurio ha il vantaggio su quello ad alcole di essere più regolare e di poter indicare delle temperature assai più elevate, non bollendo il mercurio che a 360° circa. Il termometro ad alcole, per contrario, serve meglio alla determinazione dei gradi di freddo, poichè mentre il mercurio gela a —40°, l'alcole non si solidifica al freddo il più intenso che si è ottenuto.

I *termometri ad aria* consistono anche in un tubo termometrico ordinario di vetro piuttosto lungo, di piccolo diametro, chiuso da una piccola colonna di mercurio, la quale serve ad indicare le variazioni di volume dell'aria secca contenuta nel tubo. Il termometro ad aria allorchè è destinato alla misura di alte temperature, alle quali il vetro si fonde, è di una costruzione più complicata ed ha la bolla di platino. Prende allora il nome di *pirometro ad aria*. Per misurare temperature molto elevate, si adoperano ancora altri pirometri, fra i quali conosciutissimo è quello di Wedgwood fondato sopra la proprietà che ha l' argilla di restringersi quando viene riscaldata a cagione dell' acqua che perde e della struttura cristallina che acquista. Dal grado di restringimento che subiscono dei piccoli coni tronchi d'argilla, restringimento che conservano anche dopo raffreddati, e che si misura mettendoli prima e dopo averli riscaldati tra re-

goli metallici inclinati, si giudica approssimativamente del grado di temperatura.

I solidi formati di sostanze differentemente dilatabili, allorchè vengono scaldati si screpolano o si incurvano. Questa proprietà nociva in molti casi ricevette delle utili applicazioni. Se si saldano strettamente fra loro due lamine metalliche aventi un coefficiente di dilatazione diverso, come sarebbe una lamina di ferro ed una lamina di zinco si ha una *lamina compensatrice.* Essendo lo zinco più dilatabile che il ferro, egli è evidente che se tali lamine verranno riscaldate, si incurveranno in modo che la convessità sarà dalla parte dello zinco. Al contrario raffreddate, si incurveranno in senso opposto. Tali lamine sono utilissime per ottenere la compensazione negli orologi, o con altre parole per impedire che le variazioni di temperatura facciano variare la durata delle oscillazioni dei pendoli. Si sa che la durata dell'oscillazione del pendolo non che quella del bilanciere degli orologi da tasca varia, se il calore ne fa variare la loro lunghezza: irregolare riesce quindi il moto dell'orologio, se non si corregge questo difetto colle lamine compensatrici, disposte in modo da rendere nullo l'effetto definitivo delle variazioni di temperatura. Nel pendolo a telaio di compensazione la lente è sostenuta da un sistema di sbarre di ferro e di rame, disposte in modo che mentre l'allungamento delle seconde abbassa la lente, quello delle prime la fa elevare di una quantità eguale. Il *termometro di Brequet* è fondato sulla diversa dilatabilità dei tre metalli da cui è formato. Consiste in un piccolo nastro largo da uno a due millimetri immensamente sottile, formato di tre metalli argento, oro e platino, sovrapposti in modo che l'oro sia nel mezzo e serva di saldatura per gli altri due metalli. Questo nastro è piegato in elice, e fisso per un'estremità ad un sostegno; ad ogni cangiamento di temperatura si incurva o si dispiega più o meno. Si gradua paragonandolo ad un termometro a mercurio.

I corpi nel dilatarsi esercitano una potenza proporzionale al numero e grado di repulsione delle molecole. Indicando

con K l'accrescimento di volume, e con E il grado di energia della forza, la quantità di movimento e quindi di lavoro prodotto è $=KE$. La forza di dilatazione che si sviluppa nei corpi e segnatamente nel vapore acqueo per l'aumento della loro temperatura è stata applicata per mettere in movimento molti meccanismi. I solidi spiegano nel restringersi di volume per un abbassamento di temperatura una forza eguale o quasi eguale a quella che spiegano nel dilatarsi. La forza di restringimento dei solidi è anche stata utilizzata dagli uomini. L'ingegnere Molard se ne servì per restituire alla verticale due muri che si erano inclinati sotto il peso di un solaio in una galleria del Conservatorio di arti e mestieri a Parigi. Fatti attraversare i muri da spranghe di ferro, terminate esteriormente da viti, egli le faceva riscaldare, ed a misura che si allungavano per il caldo, invitava esteriormente le madreviti, serrandole su larghi scudi che abbracciavano gran parte della faccia del muro. Nel raffreddarsi le spranghe si restrinsero ed hanno fatto avvicinare i due muri opposti. In modo analogo il nostro egregio ingegnere Peyron riuscì ad aggiustare la sala ellittica del Parlamento Subalpino nel palazzo Carignano, nella quale si erano formate due fessure verticali opposte, fasciandola tutta intorno a due altezze diverse con isbarre di ferro e serrandole ambedue con cunei, mentre una era riscaldata con carboni ardenti...

Delle variazioni di volume cagionate dalle variazioni di temperatura conviene in molti casi tener conto nelle arti. Le estremità delle sbarre di ferro delle ferrovie, dei tubi di condotta dei gaz e dei liquidi si debbono mettere a piccola distanza, e non a mutuo contatto, altrimenti un accrescimento del calore farebbe incurvare le rotaie ed i tubi, e potrebbe anche romperli.

La gravità molecolare ossia la forza di coesione dei solidi diminuisce a misura che la temperatura cresce perchè le distanze intermolecolari crescono, e quando sia divenuta eguale alla gravità terrestre i solidi cangiano stato e diventano liquidi. Due sono le condizioni necessarie per la fusione dei solidi: 1° che sieno sufficientemente riscaldati; 2° che le loro

molecole resistano a quella temperatura senza decomporsi. Vi hanno dei solidi detti *refrattari* od *infusibili* che resistono ad altissime temperature senza nè fondersi nè decomporsi; di quelli che sotto l'azione del calore invece di fondersi si decompongono chimicamente (calce carbonata) oppure fisicamente (anidride arseniosa); di quelli infine che fondono. I secondi possono fondersi se vengono scaldati in vasi chiusi perchè la stabilità delle molecole cresce col crescere della pressione, la quale, quando i corpi sono scaldati in vasi chiusi, cresce colla temperatura. Si è riconosciuto che ciascun corpo fusibile ha il suo punto di fusione ossia passa allo stato liquido ad una temperatura fissa ed invariabile, e che quando incomincia a fondere la sua temperatura cessa di elevarsi e rimane costante finchè sia completamente fuso, perchè nell'atto della fusione, stante la diminuita coesione, tutto il calorico viene destinato ad accrescere le distanze. Chiamasi *calorico latente di fusione* il calorico che i corpi assorbono nell'atto che diventano liquidi senza aumentare la loro temperatura: esso varia nei diversi corpi... I fisici hanno determinato il calorico di fusione di un gran numero di corpi, cercando di quanti gradi un corpo, che si fonde, fa abbassare la temperatura di una massa nota d'acqua, o di altro liquido, ovvero di quanti gradi la fa elevare allorchè si solidifica. Mescolando un chilogramma di ghiaccio a zero con un chilogramma d'acqua scaldata ad 80°, si ottengono due chilogrammi d'acqua a zero. Il calorico latente di fusione del ghiaccio è dunque = 80 calorie, perchè il ghiaccio, per liquefarsi, assorbe e rende latente tanto calore, quanto se ne richiede per far elevare da zero sino ad 80 gradi un peso eguale d'acqua. Il calorico di fusione dello stagno è 14, 25; quello del solfo 9, 36; quello del piombo 5, 36...

Vi debbe esistere una relazione tra il punto di fusione ed il coefficiente di dilatazione, tra il punto di fusione e la pressione estrinseca. I solidi, a parità delle altre condizioni debbono fondere tanto più facilmente quanto più grande è il loro coefficiente di dilatazione, e reciprocamente, perchè tanto più si dilatano tanto più presto le molecole giungono

alle distanze in cui avviene la fusione. Tuttochè in alcuni solidi la variazione di volume sia cresciuta o diminuita da una mutazione nella disposizione delle molecole, ciò nullameno l'esperienza ci insegna che i solidi in generale fondono tanto più difficilmente quanto meno si dilatano. Il coefficiente di dilatazione lineare è per il platino 0,0000088 per il ferro 0,0000107; per il rame 0000171]; per il piombo 0,0000285. Ebbene il platino non fonde che a temperatura estremamente elevata, il ferro fonde a 130 del pirometro di W., il rame a 27, il piombo a 334 del termometro ordinario. La pressione opponendosi all' aumento delle distanze debbe elevare il punto di fusione dei solidi. Bunsen trovò che un aumento di pressione fa crescere di un poco la temperatura di fusione della paraffina, del bianco di balena; Hopkin ha anche riconosciuto che il zolfo, la cera, la stearina, lo spermaceto fondono tanto più difficilmente quanto maggiore è la pressione a cui sono sottoposti. Il solfo che sotto l'ordinaria pressione fonde a 112, sotto una elevata pressione non fonde più che a 225, e se la si eleva ancora maggiormente non fonde che a 275, 285...

I liquidi raffreddati alla temperatura a cui si sono formati per la fusione, perdono a poco a poco il calorico latente di fusione, e si solidificano. Il punto di solidificazione dei liquidi è quindi lo stesso del punto di fusione dei rispettivi solidi. Intanto per l' inerzia delle molecole può un liquido conservarsi in tale stato anche ad una temperatura inferiore al punto di fusione, ma nell'atto che incomincia a solidificarsi, il calorico che sviluppa, eleva la temperatura sino a quella del punto di fusione. Così l'acqua pura e priva dell'aria che suole tenere in soluzione, mantenuta in perfetto riposo, rimane spesso liquida alla temperatura di 5, 8, 10 ed anche 12 gradi sotto lo zero, ma al momento in cui si solidifica la temperatura si eleva tosto sino a zero, ossia sino alla temperatura della fusione del ghiaccio. La quantità di calore che viene sviluppata nell' atto della solidificazione dei liquidi è uguale a quella che viene assorbita nella fusione dei solidi. Un chilogramma di ghiaccio nel convertirsi in acqua assorbe

e rende latente 80 calorie, un chilogramma d'acqua nel convertirsi in ghiaccio sviluppa e rende sensibile 80 calorie. Intanto onde ciò avvenga è necessario che le molecole di un corpo prima e dopo aver subito due opposte mutazioni di stato sieno matematicamente identiche; ma siccome ciò è assai difficile, così il calorico che assorbono nel divenire liquidi può essere alquanto diverso da quello che svolgono nel ritornare solidi. Nelle leggiere modificazioni che le molecole subiscono nel cangiare stato e nel ritornare allo stesso stato, e nelle leggiere differenze che possono presentare dipendentemente dalle condizioni in cui presero nascimento risiede la causa delle piccole variazioni che presenta il punto di fusione e di solidificazione dello stesso corpo. Si comprende quindi il perchè il punto di fusione di un corpo trovato da un autore sia alquanto diverso da quello trovato da un altro autore, ed anche dallo stesso autore in diverse sperienze. La solidificazione dei liquidi e la fusione dei solidi ora è causa di aumento ora di diminuzione di volume dei corpi. L'acqua, la ghisa, il bismuto, l'antimonio ed in generale quei corpi che nel solidificarsi cristallizzano più o meno perfettamente, crescono di volume nel passare dallo stato liquido al solido, e diminuiscono di volume nell'opposta mutazione di stato. La dilatazione dell'acqua nell'atto che si congela è causa di molti fenomeni, quali sono la rottura dei vasi che contengono l'acqua che si congela, lo spaccarsi delle piante abbondanti di umori nei freddi inverni, il franare dei monti, lo screpolamento di certe pietre....

I corpi giunti che siano alla temperatura in cui avviene la fusione e la solidificazione, impiegano per compiere il cangiamento di stato un tempo tanto maggiore quanto più grande è il calorico latente di fusione.

La più parte dei corpi liquidi passano, per l'azione del calore, allo stato aeriforme ossia evaporano. I solidi in generale prima di evaporare si riducono allo stato liquido: alcuni come il ghiaccio, la canfora, l'arsenico, il sublimato corrosivo.... possono passare immediatamente allo stato di vapore. Mentre la fusione di un corpo non ha luogo che ad

una determinata temperatura, l'evaporazione succede a temperature differentissime. Questo fatto dimostra che la causa che produce l'evaporazione è diversa da quella che produce la fusione. La causa della fusione risiede in un aumento delle distanze intermolecolari determinato dal calore, la causa dell'evaporazione non può a meno che consistere in una divisione delle molecole fisiche ed in un successivo aumento delle distanze intermolecolari. Le proprietà dei gas ci dimostrano che le loro molecole sono più piccole di quelle dei relativi liquidi. I gas filtrano attraverso certi pori pei quali non possono passare i liquidi. I corpi sia solidi che liquidi capaci di assumere lo stato aeriforme chiamansi *volatili*. Perchè i corpi possano evaporare è necessario 1° che l'inerzia chimica delle molecole sia più grande dell'inerzia fisica, in caso contrario i corpi invece di ridursi in vapori si decompongono chimicamente; 2° che l'inerzia fisica sia vinta dall'azione repulsiva del calorico. L'inerzia fisica è l'effetto di due cagioni; di un'azione condensante (A) che emana dal centro delle molecole fisiche, e della pressione estrinseca (P). Quando la potenza repulsiva supera queste due resistenze i corpi bollono, quando supera la resistenza A e non quella P evaporano senza bollire, e quando è più piccola della resistenza A e di quella P allora non svaporano. La potenza repulsiva del calorico crescendo colla temperatura ne viene che dei corpi fissi ad una certa temperatura diventano volatili ad una temperatura superiore. Così l'argento è fisso a temperie poco elevata, e diviene volatile a temperature elevatissime. Il mercurio non svapora alla temperatura di —7, ma se si scalda passa allo stato di vapore. La tensione dei vapori generati da corpi volatili cresce colla temperatura, la quale, aumenta finchè la tensione dei vapori sia eguale alla pressione atmosferica: allora per gagliardo che sia il fuoco applicato al corpo volatile la sua temperatura cessa di crescere, e succede il fenomeno conosciuto sotto il nome di *bollizione* che si può definire l'atto in cui la potenza evaporatrice dei corpi divenuta eguale alla resistenza A+P cessa di crescere, e tutto il calorico aggiunto viene quindi consumato

a produrre vapore. Possono quindi bollire tanto i corpi solidi che i liquidi. Il movimento particolare di cui sono animati i liquidi che bollono dipende dalla sollevazione del vapore formatosi in vicinanza delle pareti del vaso riscaldato. Il vapore che si solleva dai corpi che bollono ha una potenza espansiva eguale alla pressione atmosferica, quello generato dai corpi che non bollono ha una potenza espansiva tanto più piccola quanto più la temperatura è inferiore a quella necessaria per produrre l'ebollizione. Il punto di bollizione, a parità di condizioni, è costante per lo stesso corpo e variabile nei diversi corpi: Così sotto la pressione di 0^m, 76 l'etere bolle a 37°, l'alcole a 79°, l'acqua a 100, l'acido solforico a 310.... La temperatura dei corpi che bollono non varia perchè il calorico aggiunto viene intieramente impiegato ad accrescere il volume. Però se il corpo che bolle è eterogeneo si compone cioè di più specie di molecole chimiche, allora la temperatura dell'ebollizione in generale cresce col progredire dell'evaporazione, stantechè i corpi i più volatili, ossia più facili a bollire svaporano di più degli altri. Mentre l'acido solforico puro continua sempre a bollire a 310, l'acqua a 100, l'acido solforico allungato d'acqua comincia a bollire al dissotto di 310, e la temperatura necessaria all'ebollizione va via via elevandosi perchè l'acqua svapora di più dell'acido. Medesimamente il punto di bollizione dell'acqua che tiene in soluzione dei sali fissi elevasi col progredire dell'evaporazione, perchè l'acqua svapora e non i sali. In questi ed in altri casi analoghi, per l'evaporazione, il rapporto tra le molecole chimiche eterogenee che formano le molecole fisiche varia continuamente nelle molecole del vapore ed in quelle del liquido, oppure soltanto nelle molecole di quest'ultimo. Nel primo caso varia ad ogni istante la composizione e quindi la temperatura del liquido e del vapore, nel secondo caso varia soltanto la composizione e la temperatura del liquido. Rudberg ed in questi ultimi tempi Regnault si sono con esperimenti assicurati che «qualunque sia la temperatura che una soluzione salina deve prendere per bollire, il vapore non presenta la temperatura che esso

avrebbe se si svolgesse dall'acqua pura. » Le molecole chimiche del corpo fisso non passando nel vapore si limitano a ritardare accrescendo il valore di A il momento in cui la potenza evaporatrice vince A+P. Quando il rapporto tra le molecole chimiche volatili che formano i liquidi eterogenei si mantiene costante, allora dessi presentano come i liquidi omogenei un punto di bollizione invariabile. Il distinto chimico Berthelot ha riconosciuto che un liquido composto di 91 parti di solfuro di carbonio, e di 9 parti di alcole bolle a 43° e 44°, e si mantiene a questa temperatura dal principio sino al fine della distillazione... Lo stesso dicasi di un soluto contenente 92 parti di alcole ed 8 di acqua. Risulta quindi che per mezzo della distillazione non si possono sempre separare le specie chimiche più volatili da quelle che lo sono di meno, e che l'invariabilità del punto di bollizione non è sempre un criterio rigoroso per giudicare che i corpi sono costituiti di una sola specie di molecole chimiche.

A parità di P le differenze nei punti di bollizione dei diversi corpi dipendono da una differenza del valore A. Questo valore debbe essere tanto più grande, a parità delle altre condizioni, quanto più piccolo è il coefficiente di dilatazione, e quanto più pesanti sono le molecole chimiche. Il fisico Pierre ha riconosciuto che in certi corpi chimicamente analoghi, il liquido più dilatabile è sempre quello di cui il punto di bollizione è il più basso. Il chimico Kopp ha dimostrato che in certe serie omologhe di corpi organici (alcoli, aldeidi, eteri, acidi grassi...) il punto di bollizione cresce di 19° per ogni addizione di CH^2 alle molecole chimiche, ed in altre serie egualmente omologhe (idrocarburi) si accresce di 22° gradi per lo stesso aumento di CH^2 nella molecola chimica.

Il punto di bollizione dello stesso corpo varia se P varia, oppure se viene collocato in condizioni capaci di far variare il valore di A. L'acqua al livello del mare cioè sotto la pressione di 760 millimetri di mercurio bolle a 100, a Torino in cui la pressione è di 738 bolle a 99, 1, sul Monte bianco

in cui la pressione è soltanto di 407 bolle a 84, nel vacuo bolle a temperatura molto più bassa. L'acqua scaldata in vasi chiusi, per esempio nel digestore di Papin non bolle perchè la pressione del vapore cresce di pari passo della temperatura, la quale può elevarsi a 300 e più gradi. Ma a questi gradi di caldo la tensione del vapore è tanto grande che potrebbe far scoppiare la caldaia, se le pareti non fossero assai robuste. È prudenza munire la caldaia di una valvola che si apra con una forza molto minore di quella a cui possono resistere le sue pareti. L'acqua fatta soggiornare nel vacuo dopo una preliminare ebollizione, oppure fatta lungamente bollire in un vaso di vetro e quindi lasciata raffreddare, non bolle più quando viene riscaldata che ad una temperatura superiore ai 160°, 180° gradi (Krebs). In generale il punto di bollizione dei liquidi varia secondo la natura dei corpi che loro sono in contatto, i quali debbono per conseguenza far variare il valore di A. Nei vasi metallici i liquidi bollono più facilmente che nei vasi di vetro, di porcellana... Un liquido circondato da un altro liquido può riscaldarsi anche di molte decine di gradi al di là del suo punto ordinario di bollizione senza che nè svapori nè bolla (Dufour). Questo fisico riuscì tra gli altri casi a far nuotare una sfera d'acqua in un mescuglio d'olio e di essenza di terebentina, ed una sfera di cloroformio in una soluzione convenientemente densa di cloruro di zinco. Riscaldando l'intiera massa, si osserva che il liquido circondato dall'altro può portarsi a temperatura di 50 60 ed anche più gradi al disopra del suo ordinario punto di bollizione. Inversamente raffreddando i due liquidi, può l'interno rimanere liquido anche a temperatura di molto inferiore a quella del suo congelamento. Dufour ottenne l'acqua liquida da — 20 a + 178°. Toccando con un solido il liquido interno, il cangiamento di stato di questo ha luogo immediatamente.

Come per vincere una data resistenza si richiede una data potenza, così per convertire un dato peso di un corpo in vapore è necessaria una data potenza evaporatrice. Questa potenza è una forza repulsiva propria della materia che forma

i corpi volatili, la quale tende a dividere e far spandere le loro molecole. Ciò essendo ne risulta che, a parità di costituzione del corpo volatile e del vapore, per ridurre un dato peso del primo nel secondo, si richiede sempre la stessa quantità di forza; tanto più piccola sarà la tensione del vapore tanto più grande sarà il volume in cui si spande e reciprocamente di guisa da avere *tv*, in cui *t* esprime il grado di tensione e *v* il volume occupato dal vapore. Le velocità sono proporzionali al grado di tensione delle forze; il calorico sensibile essendo un effetto dipendente dal moto delle molecole, ne consegue che la temperatura dei vapori al massimo di tensione debbe essere, come realmente è, tanto più piccola quanto minore è il grado di tensione. Nei vapori al massimo di tensione il valore *t* esprime quindi il calorico sensibile, ed il valore *v* il calorico che chiamasi latente; questi due valori variando in ragione inversa l'uno dell'altro ne consegue che il calorico latente di evaporazione è tanto più grande quanto più bassa è la temperatura a cui i vapori si formano, e reciprocamente, semprechè la costituzione molecolare del vapore rimanga sempre la stessa. L'esperienza conferma questa conseguenza. Il calorico latente di evaporazione dell'acqua alla temperatura di 100 gradi è di 537 calorie, cioè un chilogrammo di vapore acqueo al massimo di tensione ed alla temperatura di 100 eleva, nel convertirsi in acqua senza cangiare di temperatura, da zero fino a 100 gradi la temperatura di 5370 grammi d'acqua. Convertendo l'acqua in vapore ad una temperatura inferiore ai 100 gradi, il calorico reso latente cresce, e diminuisce nel caso contrario.

Se il calorico latente di un vapore al massimo di tensione è in ragione inversa del calorico sensibile, ne consegue che la quantità totale di calorico contenuto in un dato peso di vapore è sempre la stessa qualunque sia la sua temperatura, e che il calorico reso latente da un corpo nel convertirsi in vapore, debbe diminuire al crescere della temperatura di altrettante unità quanti gradi si accresce la temperatura del corpo, fino che sia ridotto a zero, allora il vapore costituisce una specie di liquido a molecole più piccole del corpo da

cui fu generato, che per un ulteriore scaldamento ed aumento di pressione non si restringe più di volume, essendo le molecole giunte ad un tale grado di ravvicinamento da toccarsi per le rispettive atmosfere: in tale caso l'evaporazione consisterebbe in una semplice divisione delle molecole. Il calorico latente di evaporazione del vapore acqueo che si forma a 100 essendo di 537, le molecole dell'acqua debbono dividersi senza spandersi quando sono scaldate a 637: a questa temperatura, la tensione del vapore acqueo sarebbe di circa 2600 atmosfere e la sua densità di circa 0,64.

Risulta quindi che il calorico reso latente dai corpi, è massimo quando la temperatura a cui il vapore si forma, è la più bassa possibile al disotto della quale la potenza evaporatrice è nulla e segue a partire da questo limite una progressione decrescente al crescere della temperatura, finchè questa sia eguale al calore latente: allora il corpo cessa di svaporare, ovvero la sua evaporazione consiste in una semplice divisione delle molecole. L'intervallo tra questi due limiti è tanto più grande quanto maggiore è il calorico latente del vapore.

Se il calorico latente di un vapore diminuisce al crescere della tensione e quindi della densità, ne viene che, a parità di costituzione molecolare, il calorico latente dello stesso corpo, come pure quello dei diversi corpi, debbe variare in ragione inversa della densità dello stesso vapore, giacchè un corpo nell'evaporarsi rende latente una quantità di calorico tanto più grande quanto più le sue molecole si dividono, e quanto più grandi sono le distanze a cui si collocano le molecole del vapore. Indicando con D e L la densità ed il calorico latente di un vapore, e D' L' la densità ed il calorico latente di un altro vapore si ha $D'L'=DL$. Questa legge è confermata dall'esperienza per le densità ed i calorici latenti, determinati alla temperatura dell'ebollizione dei rispettivi liquidi, dei vapori d'acqua, di alcole, di essenza di terebentina, di essenza di cedrato e di altri corpi. Diffatti il prodotto del calorico latente del vapore acqueo per la den-

sità dello stesso vapore è uguale al prodotto del calorico latente del vapore d'alcole per la densità dello stesso vapore...

Se il calorico latente del vapore di un corpo al massimo di tensione è in ragione inversa della densità, e se il calorico latente diminuisce e la densità cresce al crescere della temperatura e quindi della tensione ne consegue 1° che quando si raffredda uno spazio saturo di vapore le molecole debbono guadagnare in distanza quanto perdono in temperatura, e debbe per conseguenza passare allo stato liquido, una quantità di vapore che per la diminuzione del numero delle molecole la densità (D) diminuisca corrispondentemente all'aumento del calorico latente (L), e reciprocamente quando si scalda uno spazio saturo di vapore, D cresce ed L diminuisce, semprechè il vapore si trovi in presenza del liquido che lo genera, in caso contrario il vapore passa al di là del massimo di tensione, perde in D e guadagna in L se può dilatarsi, altrimenti non variano nè D nè L, ma solo il calorico sensibile, semprechè le molecole del gas non si suddividano cioè non subiscano una nuova evaporazione, nel quale caso, come avviene pei vapori di molti corpi (solfo, selenio, acido acetico...) variano il calorico sensibile, ed il calorico latente se il vapore non può dilatarsi, e se può dilatarsi varia ancor la densità. 2° allorchè si diminuisce il volume di uno spazio saturo di vapore, debbe passare allo stato liquido una quantità di vapore tale che l'accrescimento delle distanze cagionato dalla diminuzione del numero delle molecole gassose sia, a parità di temperatura, eguale al decrescimento delle distanze prodotto dalla diminuzione di volume, di guisa che D non cangi, non cangiando L, e reciprocamente allorchè si cresce il volume di uno spazio saturo di vapore che si trovi in presenza del liquido che lo genera, passa allo stato di vapore una quantità di liquido tale da mantenere D costante; se il vapore non trovasi a contatto del liquido generatore, allora la temperatura e la densità diminuiscono ed L cresce finchè la tensione sia eguale alla gravitazione terrestre. In questo stato, giusta un rigoroso calcolo dell'insigne matematico Plana, si troverebbe lo strato

superiore dell' atmosfera terrestre. 3° Quando si diminuisce il volume di un vapore che non è al massimo di tensione, la densità e la tensione crescono, ed L diminuisce finchè sia arrivato al massimo di tensione, limite che si raggiunge più facilmente se la diminuzione di volume è accompagnata dal raffreddamento, cioè se il gas è simultaneamente sottoposto ad un aumento di pressione e ad un abbassamento di temperatura.

L'assorbimento di calore o con altre parole il calorico che si rende latente nell'evaporazione, serve alla spiegazione di varii fenomeni naturali ed alla produzione di freddo artificiale. Così si spiega la sensazione di fresco che si prova bagnando la mano nell' acqua o meglio in un liquido più volatile, ed agitandola poscia nell' aria. Nella state una camera si conserva fresca bagnandone frequentemente il suolo con acqua e mantenendo in essa una corrente d' aria. Le bevande, come vino, acqua, si conservano fresche mantenendo umida ed esposta ad una corrente d'aria la parete esterna del vaso che le contiene. Se con un liquido volatile si mantiene inumidita per breve tempo la bolla di un termometro a mercurio rivestita di un pannolino, vedesi tosto il mercurio discendere e segnare una temperatura tanto più bassa quanto più volatile è il liquido: con l' anidride solforosa la temperatura si abbassa al dissotto di — 40 gradi ed il mercurio si congela. Coll'evaporazione dell'anidride carbonica liquida e dell' etere Faraday ottenne un freddo di 110 gradi.

La quantità dei vapori che i diversi corpi generano in un dato tempo, a parità di condizioni, è tanto più grande quanto maggiore è il grado di volatilità del liquido, e quanto minore è il suo calorico latente. A parità di liquido, la quantità di vapore che si forma, cresce col crescere del grado di temperatura del liquido, coll'estensione della sua superficie libera, e dello spazio in cui passano i vapori formati, e diminuisce col crescere della pressione, e della quantità dei vapori dello stesso liquido già contenuti nello spazio. Si comprende il perchè le sostanze umide esposte all'aria si essic-

cano più facilmente soffiando il vento, che non quando l'aria è tranquilla. Il vento porta via i vapori formati, e rende più facile l'evaporazione.

I corpi aeriformi cangiano stato e diventano liquidi o solidi quando l'affinità fisica determina le loro molecole ad indoppiarsi ed a generare delle molecole più grosse la cui coesione sia eguale o maggiore della gravità.

Per accrescere l'affinità fisica dei gaz ed indurli a cangiare stato, bisogna diminuire le distanze intermolecolari, e la quantità di calorico che contengono, scopo che si raggiunge per mezzo della pressione e del raffreddamento. Faraday fin dal 1823 riuscì a liquefare il cloro, l'anidride solforosa, l'anidride carbonica, il cianogeno, il protossido d'azoto... servendosi di un forte cannello di vetro piegato ad angolo ottuso nel suo mezzo, e chiuso da ambe le parti. In uno dei due bracci metteva le sostanze necessarie per la produzione del gaz, nell'altro convenientemente raffreddato ricevette il gaz condensato. Il gaz a misura che si sviluppa si comprime di più in più e finalmente si illiquidisce. Pochi gaz resistono all'azione combinata del freddo e della pressione senza cangiare stato, e quelli detti permanenti che, come l'idrogeno, l'ossigeno, l'azoto, l'ossido azotico, l'ossido di carbonio, non si poterono ancora illiquidire, cangierebbero certamente stato, se venissero sottoposti ad un freddo maggiore di 110, e ad una pressione più grande di 50 atmosfere.

Se i corpi nel convertirsi in vapori rendono latente del calorico, i vapori, i gaz nell'opposta mutazione di stato ne debbono svolgere una quantità eguale, semprechè il corpo liquido o solido che formano abbia la stessa costituzione di quello da cui furono generati. Così per esempio il calorico che assorbe il solfo giallo nel ridursi in vapore è uguale a quello che emette il vapore nel ritornare solfo giallo; ma se il solfo che si forma per la condensazione del vapore si trovasse mescolato con del solfo rosso bruno, allora ne svolgerebbe di meno, perchè il solfo rosso contiene più calorico del giallo. Nelle diversità di costituzione del corpo generato

e del vapore, dipendono le differenze trovate da alcuni fisici nella quantità di calorico sviluppato dal vapore dello stesso corpo nell'atto della condensazione.

Il calorico che i vapori sviluppano nel condensarsi, trova utili applicazioni in moltissimi casi, e più specialmente nel riscaldamento degli appartamenti, nell'economia domestica, nello scaldamento dell'acqua nelle filande dei bozzoli... Per riscaldare gli appartamenti si fa bollire l'acqua in una grande caldaia chiusa e comunicante con un tubo, il quale si dirama nelle camere da riscaldarsi. Il vapore percorre il tubo, si raffredda e si liquefa in contatto delle sue pareti, cedendo loro tutto il suo calore latente. Dal tubo poi propagasi il calore nell'aria delle camere. Nelle filande dei bozzoli si ha bisogno di aver l'acqua calda in una lunga serie di recipienti. Invece di accendere il fuoco sotto ogni recipiente, come si usava fare, si fa bollire l'acqua in una sola caldaia con grandissima economia di combustibile, e si conduce per appositi tubi il vapore nell'acqua dei singoli recipienti. In contatto dell'acqua fredda il vapore passa allo stato liquido, cede il suo calore latente e fa riscaldare l'acqua sino al voluto grado.

Risulta quindi che per una sufficiente variazione delle distanze e delle velocità i corpi cangiano stato o si decompongono, oppure resistono alle variazioni fin oggi ottenute senza mutare stato e senza decomporsi. Così i solidi sottoposti all'azione del calore possono non fondere, o fondere, oppure decomporsi fisicamente o chimicamente a seconda del grado di stabilità delle rispettive molecole. I liquidi per mezzo dello scaldamento o resistono inalterati, o svaporano, o subiscono chimica decomposizione. Intanto se si accresce la pressione esterna di una quantità eguale all' aumento di tensione cagionato dallo scaldamento, allora il corpo nè si dilata, nè si volatilizza, nè si decompone chimicamente, ma a parità di calorico ricevuto, eleva maggiormente la temperatura che quando può dilatarsi.

Oltre gli stati solido, liquido, gassoso, e quello che offrono le molecole la cui ripulsione eguaglia la gravità si debbe

ancora distinguere lo *stato sferoidale* che la massima parte dei corpi assumono quando sono messi sopra superficie sufficientemente riscaldate. Il moto giratorio di cui è animata la sferoide, la sua temperatura assai inferiore di quella della superficie riscaldata e decrescente dal centro alla periferia, come dimostrò Berger, tendono a dimostrare che lo stato sferoidale dipende dalla formazione di una nuova risultante dinamica che collega insieme le diverse molecole fisiche formanti la sferoide, e le fa muovere intorno ad un asse che passa per il centro della sferoide. Il mantenersi che fa la sferoide ad una temperatura molto inferiore a quella della superficie calda, ed inferiore di alcuni gradi al punto di bollizione del corpo, quando questo è volatile, trova la sua naturale spiegazione nella nuova risultante la quale debbe fissare o riflettere le radiazioni provenienti dalla sorgente calorifica. Un corpo allo stato sferoidale si può considerare come un piccolo asteroide animato di una monade particolare di cui non sono animati gli altri corpi. I corpi allo stato sferoidale svaporano pochissimo, perchè il calorico è in grande parte fissato o riflesso dalla nuova monade, e perchè per svaporare i corpi debbe vincere due resistenze, quella della nuova monade e quella che oppongono le monadi delle molecole fisiche ad essere divise in molecole gassose. Allorchè per abbassamento della temperatura della superficie riscaldata, il corpo lascia lo stato sferoidale, la forza della monade scomparsa passa nelle molecole e ne accresce in un modo straordinario l'evaporazione ed anche la temperatura. Il non sentirsi bruciore quando si tocca la superficie di corpi molto caldi, dipende dallo stato sferoidale che assume la nostra pelle per cui le nuove monadi impediscono il riscaldamento delle molecole organiche, e quindi la loro decomposizione in cui risiede la causa del bruciore.

Le molecole fisiche possono, senza decomporsi, modificarsi e variare di posizione quando la natura delle molecole attigue varia, perchè le radiazioni e quindi le attrazioni e le armonie delle molecole giunte in presenza sono diverse da quelle delle molecole che hanno cessato di esservi. Il ferro

portato in vicinanza di una calamita si magnetizza perchè le molecole della calamita inducono quelle del ferro a concepire dei movimenti simili, i quali cessano allontanando la calamita. I solidi portati in presenza dei liquidi, fatta astrazione dei casi di decomposizione fisica o chimica, dànno luogo a fenomeni diversi secondochè l'attrazione che le molecole del liquido esercitano tra di loro è maggiore, minore od eguale a quella che esercitano verso le molecole del solido. Quando è maggiore i liquidi non bagnano i solidi o con altre parole non stanno aderenti alla loro superficie, in vicinanza della quale il loro livello si abbassa; quando è minore, i liquidi bagnano i solidi ossia stanno aderenti alla loro superficie, ed il loro livello si innalza; quando è eguale la superficie o livello del liquido non varia, ed il solido può essere o no bagnato dal liquido. Questo caso si presenta rarissimamente. La variazione di livello è diversa nei differenti corpi, ed a parità di corpi, cresce col crescere delle superficie solide e col diminuire della quantità del liquido. Ciò posto l'innalzamento o l'abbassamento di un liquido posto tra due lamine aumenta a misura che le lamine si avvicinano tra di loro, ed è massimo nei tubi di un diametro piccolissimo paragonabile a quello di un capello, di qui il perchè i fenomeni in discorso furono detti *capillari*, e la loro causa *capillarità*. Si chiama *menisco* l'estrema superficie ossia la base superiore della colonna liquida che si eleva o si abbassa in un tubo, o tra due lamine. Questo menisco è concavo se il liquido bagna la sostanza del tubo e si eleva in esso, ed è convesso se il liquido non bagna la sostanza del tubo e si abbassa. Immergendo un tubo di vetro nell'acqua, ed un altro nel mercurio, nel primo formasi un menisco concavo, nel secondo un menisco convesso. I liquidi, a cagione della capillarità, formano sempre una piccola falda sagliente o depressa tutto all'intorno dei corpi che su di essi galleggiano. Dalla falda di liquido sollevata o depressa, nascono, nei piccoli corpi galleggianti, fenomeni di attrazione e di repulsione. Due galleggianti, posti in sufficiente distanza, si attirano se intorno ad ambedue il liquido si solleva o si deprime, e s

repellono, se intorno all'uno il liquido si solleva, mentre intorno all'altro si deprime, perchè nel primo caso i due corpi tendendo a produrre lo stesso menisco, si possono comporre in risultante, e quindi si attirano, mentre nel secondo caso i corpi formando menischi diversi, non possono comporsi in risultante, e quindi repellonsi.

Il fenomeno di imbibizione ossia di assorbimento dipende soprattutto dalla capillarità. I corpi porosi o ridotti in polvere si imbevono più o meno facilmente dei liquidi capaci di bagnarli, essendochè operano come un complesso di tanti vasi capillari che si inflettono in mille modi ed in mille modi comunicano tra di loro. I liquidi si elevano nell'interno del corpo poroso o polveroso sino ad una certa altezza come nei tubi capillari. L'acqua si eleva nei fili di canapa e di cotone in essa immersi per un'estremità finchè il peso della colonna liquida faccia equilibrio alla forza capillare; l'olio nella lampada si solleva pel lucignolo e va ad alimentare la fiamma. In molti casi il fenomeno d'imbibizione dipende non solo da un'attrazione mutua che si esercita tra le molecole fisiche del liquido e quelle del solido, ma ancora da un'attrazione che le molecole fisiche del solido esercitano verso le molecole chimiche del liquido le quali si individuano e si attaccano alla superficie delle prime. Così la proprietà che il carbone ed altri corpi hanno di decolorare certi liquidi dipende soprattutto dacchè le molecole chimiche delle materie coloranti si separano dal liquido in cui erano sciolte e si solidificano unendosi alle molecole fisiche dei solidi con cui formano delle combinazioni insolubili nel liquido.

L'attrazione che le superficie dei corpi esercitano tra di loro chiamata *adesione* è dovuta all'attrazione reciproca delle molecole che costituiscono le superficie venute a contatto. Oltre l'adesione dei solidi e dei liquidi, si debbe distinguere l'adesione dei solidi e dei gas, dei liquidi e dei gas, dei solidi tra di loro.... L'aria si condensa più o meno intorno alla superficie dei solidi a seconda della natura delle loro molecole. Lo stesso dicasi dell' aria rispetto ai liquidi. Due lastre ben liscie e pulite di vetro, di legno, di piombo o di

altre sostanze sovrapposte l'una all'altra restano fortemente aderenti fra di loro.

Chiamasi *mescuglio* ciò che si ottiene unendo insieme corpi diversi senza che le loro molecole si decompongano. Così agitando dell'acqua con dell'olio le molecole dei due liquidi si mescolano senza alterarsi e producono un mescuglio d'acqua e d'olio. Lo stesso avviene quando si tritura in un mortaio della polvere di solfo con quella di amido o di zucchero, oppure quando si mescola della cerussa o dell'argilla con dell'acqua o dell'olio... Allorchè a contatto di un miscuglio formato di un solido e di un fluido B, si porta un fluido C, le molecole del fluido C scacciano le molecole del fluido B, se più di queste attirano e sono attirate da quelle del corpo solido. L'olio di lino scaccia l'acqua da un mescuglio d'acqua e di cerussa; l'acqua scaccia l'olio di lino da un mescuglio d'olio di lino. Non occorre di aggiungere che l'acqua non espelle l'olio di lino da un mescuglio di questo liquido e di cerussa, e l'olio di lino non scaccia l'acqua che trovasi mescolata al caolino. L'acqua scaccia l'aria che aderisce alla superficie dei solidi quando vengono in essa immersi. La viva effervescenza che un solido determina quando viene immerso in un liquido saturo di gas acido carbonico è dovuta all'aria che il liquido scaccia dalla superficie del solido, la quale non potendo rimanere unita al liquido si estrica insieme ad un poco d'acido carbonico e fa nascere un particolare movimento nel liquido. Chevreul chiamò *affinità capillare* la tendenza che hanno le molecole fisiche di un corpo di unirsi con certe molecole a preferenza di altre.

I moti degli esseri fanno di continuo variare le condizioni della loro esistenza, le quali a loro turno fanno variare i moti. Il moto di rotazione e di rivoluzione della terra ed altri movimenti fanno incessantemente variare la pressione atmosferica, la temperatura, l'umidità dell'aria ed altre terrestri condizioni, le quali inducono continuamente le molecole a modificarsi ed a variare le loro disposizioni. Non solo le molecole dei fluidi, attesa la loro grande mobilità, variano continuamente di posizione ma ancora quelle della pluralità

dei solidi, i quali per conseguenza variano col tempo di struttura e di forma. L'acido arsenioso amorfo si converte a poco a poco in una moltitudine di cristalli piccolissimi, per cui da trasparente che era diventa opaco. I metalli amorfi tendono a cristallizzare, e la loro struttura fibrosa diviene col tempo cristallina. Questa variazione è favorita dalle vibrazioni e da notevoli cangiamenti di temperatura. Il ferro, il platino che si trovano in queste condizioni, pigliano più presto una struttura cristallina. Gli assi di ferro delle locomotive, non ricevendo tante scosse dall'ineguaglianza del suolo di quelli delle vetture comuni impiegano più tempo per cristallizzare. Il freddo determina anche il ferro a passare dallo stato fibroso al cristallino. Gli antichi cannonieri solevano dopo le fredde notti dell'inverno, non fare fuoco, ne anche mettersi in cammino prima di avere fortemente colpiti gli assi dei carri alle loro estremità e nel senso della lunghezza onde impedire il detto passaggio, perchè il ferro cristallino è assai meno tenace del ferro fibroso. Il platino delle caldaie per la concentrazione dell'acido solforico trovandosi sottoposte ad un fremito continuo e ad una temperatura assai elevata, prende una struttura cristallina e diviene frangibile e poroso, e bisogna dopo alcuni anni di lavoro riformare le caldaie. Lo stesso dicasi del ferro delle caldaie per le macchine a vapore. Parecchi sali insolubili che si precipitano sotto forma gelatinosa polverulenta assumono col tempo una struttura cristallina. Il fatto che i solidi amorfi col tempo cristallizzano, e che quelli cristallizzati non diventano, senza cangiare di stato amorfi, dimostra sempre più che la materia tende all'ordine, vale a dire a produrre delle forme simmetriche e regolari.

Da variazioni di temperatura dipendono la rugiada, la brina, la pioggia, la neve, la grandine; da variazioni di pressione dipendono i venti, il flusso e riflusso dei laghi e dei mari... Nelle notti serene la superficie della terra, per il calorico che irraggia nel firmamento, si raffredda, e per un tale raffreddamento il vapore acqueo contenuto nello strato inferiore dell'aria si condensa e produce, deponendosi sulle

superficie solide la rugiada o la brina a seconda del grado di raffreddamento. Per un abbassamento di temperatura, il vapore acqueo che per la sua leggierezza si è sollevato nelle regioni atmosferiche si condensa e genera le nubi, le quali per un successivo raffreddamento si condensano maggiormente e generano la pioggia, oppure la neve o la grandine. L'acqua stante la grande mobilità del suo equilibrio cangia continuamente di stato, e di continuo si trasloca da uno in un altro luogo per stabilire l'equilibrio di pressione e di livello, il quale viene incessantemente turbato dal calorico e dall'azione degli astri. Il calorico turba l'indicato equilibrio perchè solleva l'acqua, riducendola in vapore, nelle regioni atmosferiche da cui cade in forma liquida o solida sia sulle montagne che nelle pianure, di modochè sulla terra vi è sempre dell'acqua che si muove in forma di vapore dal basso in alto, e dell'acqua liquida o solida che si muove dall'alto in basso... Gli astri turbano l'equilibrio di livello delle acque e dell'aria perchè nei lati della terra più prossimi agli astri (sole, luna) le molecole gravitano alquanto di meno verso il centro terrestre che negli altri lati ed il livello delle acque e dell'aria si eleva nei luoghi che si trovano in faccia degli astri e produce il flusso, e si abbassa nelle altre parti e produce il riflusso.

CAPITOLO VI.

Fenomeni dipendenti dalla trasformazione delle molecole fisiche;

Le molecole fisiche quando le vibrazioni da cui sono animate, per le mutate condizioni, non sono più d'accordo colle corrispondenti radiazioni eteree, si trasformano in altre molecole capaci di stabilire un tale accordo. Nelle variazioni molecolari esterne, le risultanti fisiche non si decompongono ma si limitano a cangiare di direzione ed a far variare la disposizione delle molecole fisiche, nelle trasformazioni fisiche le mentovate risultanti si decompongono e le componenti (risultanti chimiche) cangiano di direzione e si individuano in altro modo ossia si compongono in nuove risultanti per generare delle nuove molecole fisiche e quindi dei nuovi corpi. Le molecole fisiche si convertono in altre molecole quando le ondulazioni eteree variano per modo da non trovarsi più d'accordo colle vibrazioni delle esistenti molecole. Le ondulazioni eteree variano se la pressione, la temperatura ovvero la natura o posizione relativa dei vicini variano.

Quando si stura una bottiglia di liquido gassoso, le molecole fisiche, per la diminuita pressione, si decompongono in molecole gassose che producono estricandosi l'effervescenza, ed in molecole liquide contenenti minore quantità di gaz. Scaldando moderatamente un sale idratato, le sue molecole fisiche si convertono in molecole acquee che si sviluppano ed in molecole di sale anidro o meno idratato che rimane nel vaso. Portando dell'acqua a contatto del salnitro le molecole fisiche dei due corpi si decompongono e producono delle nuove molecole contenenti delle molecole chimiche di ambedue i corpi. Quando le mutazioni di condizioni non deter-

minano le molecole fisiche a trasformarsi in altre molecole, vuol dire che le loro vibrazioni si accordano od hanno potuto accordarsi colle nuove radiazioni. Il quarzo quando viene diversamente compresso oppure scaldato o portato in presenza dell'acqua non si decompone perchè le vibrazioni delle sue molecole fisiche possono sussistere ed accordarsi con le ondulazioni eteree proprie di quelle nuove condizioni. Esporremo brevemente le cognizioni principali che coll'esperienza si sono acquistate circa le trasformazioni fisiche.

Le trasformazioni fisiche a seconda del modo con cui si compiono prendono il nome di unione, decomposizione, sostituzione, trasposizione fisiche. Succede *unione fisica* quando molecole chimiche di natura diversa ed anche della stessa natura si individuano insieme e producono delle molecole fisiche di natura più complicata. L'unione fisica ha luogo in proporzioni varie e produce dei composti le cui proprietà partecipano di quelle dei componenti. Il prodotto dell'unione fisica ora è liquido, ora è solido ed ora è gassoso. Chiamasi *soluzione* la fisica unione dei corpi, quando il prodotto che ne risulta, detto *soluto*, è liquido. La soluzione si effettua tra un corpo liquido il quale chiamasi sciogliente, ed un altro corpo il quale può essere solido, gassoso od anche liquido. I corpi diconsi solubili od insolubili in un dato liquido secondochè sono suscettivi o no di unirglisi fisicamente. Il nitro, il solfato sodico sono solubili nell'acqua ed insolubili nell'alcole e nell'etere. I grassi si sciolgono nell'etere e non nell'acqua. Le resine sono solubili nell'alcole e quasi insolubili nell'acqua.

Un soluto dicesi saturo di un corpo quando il sciogliente ricusa di unirsi con dose ulteriore del medesimo. Questo limite chiamato punto di saturazione non osservasi nella unione della pluralità dei liquidi fra loro, ed in quella delle materie gommose e gelatinose all'acqua. . . Il punto di saturazione varia al variare delle condizioni e soprattutto della temperatura. Un soluto di nitro è saturo alla temperatura di 0 quando consta di 100 parti d'acqua e di 13 di nitro, ma se si eleva la temperatura non è più saturo, perchè la quantità di nitro

che l'acqua piglia in soluzione cresce colla temperatura. Per ottenere una soluzione satura di un corpo ad una temperatura determinata, bisogna lasciare il liquido per certo tempo in contatto di una quantità eccessiva del corpo di cui si vuole saturare, e se questo corpo è gassoso bisogna farlo giungere nel liquido finchè non sia più assorbito, coll'avvertenza di agitare alquanto il liquido sì nell'uno che nell'altro caso. Può avvenire che per inerzia o per leggiere modificazioni delle molecole chimiche un solvente si unisca o rimanga unito con una quantità eccessiva del solvendo: in tale caso il soluto dicesi soprasaturo. La quantità di corpo che si scioglie in un liquido varia tra corpo e corpo. Cento parti d'acqua alla temperatura zero sciolgono 13 parti di nitro, 5, 02 parti di solfato di soda anidro, 0, 205 di solfato calcico.

Il grado di solubilità dei solidi varia al variare della temperatura. Havvene di quelli, come la magnesia, la calce e parecchi sali calcarei che sono più solubili a freddo che a caldo; di quelli, come il sale marino, il gesso, che sono quasi tanto solubili a caldo che a freddo; di quelli (e questi sono i più numerosi) il cui grado di solubilità cresce colla temperatura. Così a zero 100 parti d'acqua in peso sciolgono 13 parti di nitro, a 50° ne sciolgono 85, a 80° 171, a 100 246. Vi hanno dei solidi, il cui grado di solubilità cresce sino ad una certa temperatura e poi diminuisce, così che per un ulteriore scaldamento una porzione di solido già sciolto si precipita. Trovasi in questo caso il solfato sodico il cui grado di solubilità cresce fino alla temperatura di 32, 73 ed in seguito diminuisce.

I liquidi sciolgono maggiormente i gaz composti che i gaz semplici. Cento litri d'acqua sciolgono alla temperatura ordinaria, secondo Saussure, 4378 litri di gaz acido solforoso; 106 di gaz acido carbonico; 6 di gaz ossigeno; 3, 2 di azoto; e 2, 5 d'idrogeno. I liquidi meno densi sciolgono di più gaz degli altri. Cento litri d'alcole la cui densità è 0, 84 pigliano in soluzione 11577 litri di gaz acido solforoso; 186 di acido carbonico; 16, 21 di ossigeno; 6, 1 d'azoto e 4, 2 d'idrogeno. Il grado di solubilità dei gaz nei liquidi, cresce, tranne

poche eccezioni, a misura che la temperatura diminuisce. Il coefficiente di solubilità del gaz azoto nell'acqua è a zero 0,0203; a 10 è 0,0160; a 20 è, 0,0140; quello dell'ossigeno a zero è 0,0411; a 10 è 0,0362; a 20 è 0,0283; quello del gaz acido carbonico a zero è 1,796; a 10 è 1,184; a 20 è 0,901 (Bunsen). L'acqua scioglie più di cloro alla temperatura di +8° che a temperature inferiori o superiori. I liquidi nel solidificarsi abbandonano in tutto od in gran parte i gaz che tenevano in soluzione. L'aria separasi dall'acqua nell'atto che questa si congela. L'argento fuso abbandona raffreddandosi l'ossigeno che aveva preso in soluzione. Le materie fluide emesse dai vulcani lasciano sfuggire raffreddandosi i gaz che contengono. Dalla combustione di certi gaz (idrogeno protocarbonato, idrogeno) che si separano dalla lava dipendono le fiamme osservate molte volte al vesuvio da Leopoldo Pilla e da altri. La pressione operando nello stesso senso dell'affinità (gravitazione) fisica aumenta il grado di solubilità dei gaz nei liquidi. « I pesi di un dato gaz sciolto in un dato liquido sotto diverse pressioni sono proporzionali a queste pressioni ». Questa legge di Henry e di Dalton non debbe essere vera che per i gaz, come ad esempio l'acido carbonico; il cui grado d'affinità verso il liquido diventa zero quando la pressione è zero. L'arte di preparare le acque gassose ossia di soprasaturare l'acqua di gaz acido carbonico è fondata sulla proprietà in discorso. La densità dei gaz crescendo proporzionalmente alla pressione, ne viene che se sotto la pressione atmosferica l'acqua scioglie a di gaz acido carbonico, ad una pressione doppia ne scioglie $2a$, ad una pressione tripla $3a$... Se la pressione, a cui un soluto saturo di uno o più gaz, diminuisce, se ne sviluppa una quantità proporzionale alla diminuita pressione, e quando la pressione sarà zero, la quantità di gaz sciolta sarà anche zero se la di lui solubilità dipende solo dalla pressione, altrimenti vi rimarrà nel liquido una quantità di gaz corrispondente al grado di affinità indipendentemente dalla pressione. Questo è appunto il fenomeno che presenta una soluzione acquosa di gaz acido carbonico fatta sotto forti pressioni. All'aprirsi della

bottiglia il liquido esce con violenza e spumante, come fanno per le stesse ragioni la birra, ed il vino di Champagne. Lasciando la bottiglia per un poco di tempo all'aria, non rimane più sciolta che quella quantità di gaz che si scioglierebbe alla pressione di un'atmosfera, e dopo molto tempo, stante la poca stabilità delle molecole composte di sistemi atomici di acqua e di acido carbonico, questo ultimo si separa quasi in totalità.

Un liquido che si trova in presenza di più gaz, scioglie di ciascuno d'essi una quantità che è in ragione diretta del grado d'affinità, e della porzione della pressione totale che sostiene. Così l'acqua a contatto dell'aria atmosferica che si compone, fatta astrazione dalla tenue quantità degli altri corpi gassosi, di circa quattro parti in volume d'azoto, e di una parte di ossigeno, scioglie sotto la pressione ordinaria dell'atmosfera p, una quantità di gaz azoto eguale a $4/5p+a$, ed una quantità di ossigeno eguale a $1/5p+a'$, in cui a esprime il grado d'affinità dell'acqua per l'azoto, ed a' il grado d'affinità della stessa acqua per l'ossigeno, e siccome $a'>$ di a così l'aria che sta sciolta nell'acqua è più ricca d'ossigeno dell'aria atmosferica; e giusta le sperienze di Saussure, di Thompson e di altri chimici può contenerne sino a 32 per 100.

La fisica unione dei liquidi tra loro ha luogo in generale in tutte le proporzioni. Così l'acqua e l'acido solforico, l'acqua e l'acido nitrico si uniscono tra loro in tutti i rapporti. Alcuni presentano un punto di saturazione ben determinato. L'acqua è satura d'etere quando nove parti di essa ne contengono una di etere.

Il prodotto dell'unione dei liquidi tra loro, e dei liquidi coi gaz in generale è liquido anch'esso; si conoscono però dei prodotti solidi nati dalla fisica unione di un liquido con un gaz, o con un altro liquido. Novanta parti d'acqua producono un corpo solido quando alla temperatura di zero gradi si uniscono con 35, 5 di gaz cloro, oppure con 80 di bromo. Siccome questi composti non sussistono che a temperature basse, si potrebbe anche ammettere che l'unione non si è

effettuata con l'acqua liquida, ma bensì con il ghiaccio. Che che ne sia *a priori*, simili unioni non sono impossibili.

La facoltà sciogliente dei liquidi varia secondochè sono puri o tengono in soluzione qualche corpo, perchè i sistemi atomici stranieri possono osteggiare o favorire l'unione del liquido con degli altri sistemi atomici: in generale la osteggiano. L'acqua pura scioglie il boro, e non ha più questa facoltà quando tiene in soluzione dei sali ed in ispecie del sale ammoniaco. L'acqua, a cui sta unito del cloruro potassico, scioglie minore dose di nitro dell'acqua pura, dimodochè se si mescola una satura soluzione di nitro con una soluzione anche satura di cloruro potassico una porzione dei solidi che erano sciolti precipita. L'acqua in cui sono sciolte certe materie saline scioglie minore dose d'acido carbonico e di altri gaz. Laonde la natura e quantità delle materie che le diverse acque potabili contengono, influiscono sulla quantità d'aria e d'acido carbonico che dette acque possono sciogliere, e conseguentemente sulla maggiore o minore salubrità delle medesime. Per un'analoga ragione la solubilità di certi corpi in un miscuglio dei loro scioglienti è più piccola, come riconobbe Gerardin, che la somma della solubilità in ciascuno dei scioglienti isolati. Aggiungendo a del solfuro di carbonio saturo di iodo, di solfo o di fosforo, dell'alcole, dell'etere... saturi di iodo, di solfo o di fosforo, si precipita costantemente del corpo sciolto, la cui quantità varia a seconda della temperatura, della proporzione dello sciogliente aggiunto e del modo con cui si fa il mescuglio. La precipitazione è tanto più considerevole che la temperatura è più elevata, e che si aggiunge una più grande quantità del minore sciogliente. Un mescuglio ottenuto per agitazione determina una precipitazione maggiore che per diffusione. Talvolta il grado di solubilità di un corpo in un liquido è accresciuto dalla presenza di un terzo corpo. Così l'acqua a cui sta unito dell'acido prussico scioglie una maggiore quantità di sublimato corrosivo dell'acqua pura, ancorchè il cloruro mercurico sia insolubile nell'acido prussico anidro. Il soluto svaporato nel vacuo non lascia per residuo che del sublimato corrosivo,

locchè prova che non avvenne alcuna chimica reazione tra il cloruro mercurico e l'acido cianidrico (Bussy e Buignet).

La presenza di un corpo A in un liquido favorisce anche ed accresce la solubilità di un corpo B, quando per la chimica azione dei corpi A e B, formansi dei composti più solubili. Il nitro si scioglie di più in un soluto acquoso di sale marino che nell'acqua pura, perchè l'azione chimica che ha luogo tra il sale marino ed il nitro, genera del nitrato sodico e del cloruro potassico che sono più solubili dei corpi generatori. L'acqua satura di nitro diviene quindi capace di sciogliere dell'altro nitro se ad essa si aggiunge del sale marino. L'esperienza ha dimostrato che quando due sali differiscono ad un tempo per il loro acido e per la loro base, e che una doppia sostituzione può avere luogo, la presenza di uno di questi sali favorisce la solubilità dell'altro (Regnault).

La soluzione dei gaz nei liquidi è accompagnata da contrazione di volume, cioè il volume del soluto è minore della somma dei volumi dei corpi che si sono sciolti. Il soluto che ne risulta ora è più denso ora più leggiero dello sciogliente. La densità dell'acqua cresce col crescere della quantità di gaz cloridrico con cui si unisce; il contrario accade nella soluzione del gaz ammoniacale nell'acqua. Molto probabilmente le molecole chimiche di gaz ammoniacale NH^3 in presenza dell'acqua H^2O prima di sciogliersi si convertono in molecole chimiche di idrato ammonico H^5NO, dimodochè il corpo sciolto nell'acqua non sarebbe NH^3, ma bensì H^5NO, il quale si decompone facilmente in H^2O ed in NH^3 corpo pochissimo solubile nell'acqua; locchè spiegherebbe il perchè la soluzione acquosa in discorso abbandonata all'aria si risolve dopo breve tempo in acqua che resta ed in gaz ammoniacale che si svolge.

La soluzione dei liquidi tra loro e dei solidi nei liquidi ora è accompagnata da contrazione ora da espansione di volume. Cinquanta volumi d'acido solforico mescolati con cinquanta volumi d'acqua non producono che 97 volumi d'acido diluito. Quando si mescono 27 parti in peso d'acido cianidrico con 18 parti d'acqua il volume si contrae di 6, 03 per

cento. La soluzione del solfuro di carbonio nell'alcole, o nel cloroformio dà luogo ad espansione di volume. Il grado di contrazione e di espansione varia non solo nei diversi corpi ma ancora per gli stessi corpi e secondo il rapporto in cui si uniscono. Nell'unione dell'acido cianidrico all'acqua si osserva il massimo grado di contrazione (6, 23 per 100) quando si mescono insieme pesi eguali dei due corpi. Quando si mescono 27 parti d'acido con 36 d'acqua la contrazione è solo di 4, 68 per 100. Nelle soluzioni dell' alcole nell' acqua il massimo di contrazione (3, 77 per cento) ha luogo quando si mescono 54 parti d' acqua e 46 parti d' alcole, le quali quantità rappresentano tre sistemi atomici d' acqua, ed un sistema atomico d'alcole. Nell'unione dell'alcole al solfuro di carbonio si è trovato che il massimo di espansione (uno per 100) aveva luogo quando si mescolavano parti sensibilmente eguali dei due liquidi (Bussy e Buignet).

Risulta quindi che mescolando un soluto in cui i due liquidi si trovino nel rapporto voluto per produrre il massimo di contrazione o di espansione con dose ulteriore di uno dei liquidi da cui è formato, succede nel primo caso espansione e nel secondo contrazione. Ed è ciò appunto che si osserva: lo spirito che contiene 46 per 100 d'acqua, unito con dose ulteriore dello stesso liquido occasiona espansione di volume.

Quanto alle soluzioni dei corpi solidi in un liquido, e segnatamente dei sali nell' acqua pare generalmente provato dalle sperienze dei fisici, ed in particolare da quelle di Bellani, che esse sono accompagnate da diminuzione di volume, che varia secondo la diversa proporzione di sale.

Le variazioni di volume che accompagnano la soluzione dei corpi, quando sono considerevoli si misurano direttamente per mezzo di tubi graduati, allorchè sono molto piccole si determinano col metodo delle densità. Chiamando d la densità di un corpo il cui peso è p, e d' la densità dell'altro corpo il cui peso è p', se non succede alcuna variazione, il volume del soluto dopo avere acquistato la temperatura iniziale è $\frac{p}{d}+\frac{p'}{d'}=V$. Chiamando d'altro lato δ la densità del

soluto determinato per mezzo dell' esperienza, si ha per il volume del soluto una nuova determinazione data dalla formola $\frac{p+p'}{\delta}=V'$. Questo nuovo volume V' sarà il volume reale, e secondochè sarà $>$ o $<$ di V indicherà un' espansione od una contrazione nel volume dei corpi che si sono sciolti. La misura di questa espansione o contrazione è data dalla formola $\frac{V'-V}{V}$ per il primo caso, e dalla formola $\frac{V-V'}{V}$ per il secondo.

Il soluto, ancorchè sia composto di corpi diversamente densi, è un fluido omogeneo, limpido e trasparente come lo sciogliente; locchè dimostra che nella soluzione dei corpi, le molecole fisiche realmente si scompongono e producono delle molecole eterogenee nuove, altrimenti le molecole dei corpi più densi dovrebbero rendersi alla parte inferiore, e quelle dei corpi meno densi recarsi alla parte superiore, essendo meccanicamente impossibile che possa in un liquido stabilirsi l'equilibrio tra molecole inegualmente dense se le medesime non sono composte in un' unica risultante. In un soluto i sistemi atomici eterogenei formano dunque composti in risultante, delle molecole fisiche simili ed egualmente dense. Le proprietà dei soluti partecipano di quelle dei sistemi atomici da cui sono formati le loro molecole. I soluti risultanti dall'unione di due corpi volatili bollono in generale ad una temperatura intermedia a quelle a cui bollono i due corpi presi separatamente. Il soluto d'acqua e d'alcole bolle tra 100 e 78, ed il suo punto di bollizione si avvicina tanto più a 100, quanto più acqua contiene, e reciprocamente. Lo stesso dicasi di un soluto composto d'acqua e d'acido solforico, e delle essenze, soluti naturali composti per lo più di due specie di sistemi atomici... Vi hanno dei soluti il cui punto di bollizione è superiore a quello del corpo il meno volatile, oppure inferiore a quello del corpo il più volatile da cui sono formati. Il soluto d'acqua e di gaz acido cloridrico bolle ad una temperie superiore a 100. Nove parti d'alcole formano unendosi a 91 p. di solfuro di carbonio un soluto che bolle tra 43

e 44, cioè al disotto di 48°, temperatura a cui bolle il solfuro di carbonio. Non occorre di dichiarare che nel primo caso l'acqua è il corpo meno volatile, e nel secondo il solfuro di carbonio il corpo più volatile del soluto.

I soluti composti di un corpo volatile e di un corpo fisso o quasi fisso hanno un punto di bollizione in generale più elevato di quello del corpo volatile e si congelano ad una temperatura inferiore a quella dello sciogliente, ritenendo nell'atto che si solidificano la quantità di solido a cui lo sciogliente si sarebbe unito se avesse conservato lo stato liquido. L'alcole che tiene in soluzione delle resine, l'etere a cui sono uniti dei grassi bollono ad una temperie più elevata che quando sono puri. L'acqua in cui si sono sciolti dei sali bolle a temperature più elevate che l'acqua pura; la differenza, per lo stesso sale, è tanto più grande, quanto maggiore ne è la quantità. Il punto di bollizione di un soluto salino debbe essere determinato con un termometro, il cui serbatoio va mantenuto nel liquido bollente. Se il serbatoio trovasi nel vapore e ad una distanza notevole al disopra del liquido, il termometro indica una temperatura di poco superiore a 100 (Regnault).

Nella tavola seguente sono indicati i punti di bollizione di un certo numero di soluti salini saturi.

Nomi dei sali	Quantità di sale per 100 d'acqua	Temperatura di bollizione
Clorato di potassa . . .	61, 5	104, 2
Cloruro di bario	60, 1	104, 4
Carbonato sodico . . .	48, 5	104, 6
Cloruro potassico . . .	49, 4	108, 3
Cloruro sodico	41, 2	108, 4
Cloruro ammonico . . .	88, 9	114, 2
Azotato potassico . . .	335, 1	115, 9
Cloruro di stronzio . . .	117, 5	117, 8
Azotato sodico	224, 8	121, 0
Carbonato potassico . . .	205, 0	135, 0
Azotato calcico	362, 0	151, 0
Cloruro calcico	325, 0	179, 5.

Allorchè un soluto composto di due liquidi volatili si unisce con un terzo corpo fisso o pochissimo volatile, il punto di bollizione del soluto, debbe elevarsi od abbassarsi secondochè il nuovo corpo ha più affinità verso il sciogliente il più volatile o verso l'altro. La tensione elastica del vapore di un soluto composto di un volume d'acido cianidrico anidro, e di quattro volumi d'acqua cresce o diminuisce secondo la natura del corpo che si unisce al soluto. Alla temperatura di 7° la tensione del detto soluto è di 198^{mm} e diventa 369^{mm} dopo aver sciolto del cloruro di calcio anidro, 285 se ha sciolto del solfato magnesio, 154 se ha sciolto del nitro, 181 se del ioduro potassico, 53 se del cloruro mercurico (Bussy e Buignet).

I due primi corpi, come pure il cloruro di magnesio, lo zucchero, il sale ammoniaco, il solfato ferroso... accrescono la tensione del vapore ed abbassano il punto di bollizione; i tre ultimi corpi come anche l'acido tartarico, l'acido citrico, il nitrato ammonico, diminuiscono la tensione del vapore ed elevano per conseguenza il punto di bollizione. I corpi che abbassano il punto di bollizione sono quelli che hanno più affinità fisica verso l'acqua che verso l'acido cianidrico, quelli che lo elevano sono quelli che hanno più affinità verso l'acido cianidrico che verso l'acqua. Fra tutti i corpi quello che eleva di più il punto di bollizione si è il cloruro mercurico; l'affinità di questo corpo, col concorso però di un poco d'acqua, verso l'acido cianidrico è tale che quando si distilla il cianuro di mercurio con dell'acido cloridrico non si ottengono che i due terzi dell'acido prussico, che si dovrebbe ottenere; un terzo di quest'acido resta nella storta fisicamente unito al cloruro mercurico ed all'acqua.

Lo studio della solubilità dei corpi nei differenti liquidi è uno dei più importanti della chimica. Il modo di ottenere isolati i corpi che formano un mescuglio è infatti fondato sopra i diversi liquidi che i medesimi richiedono per isciogliersi, e sopra il relativo grado di solubilità nello stesso liquido. Inoltre la conoscenza delle solubilità relative dei diversi sali a diverse temperature, offre un grande interesse,

permettendo di prevedere l'ordine nel quale questi sali cristallizzano ad una temperie determinata, allorchè si svapora una soluzione contenente diversi sali. Abbiasi ad esempio dell' azotato potassico misto con del cloruro sodico. Questi due sali sono egualmente solubili nell'acqua alla temperatura di 23, 6. Al disotto di 23, 6 la solubilità dell'azotato è minore di quella del cloruro; mentrechè al disopra di questa temperie l'azotato è al contrario più solubile. Risulta quindi che se si lascia evaporare ad una temperatura inferiore a 23, 6 un soluto contenente delle quantità eguali dei due sali, l'azotato potassico cristallizzerà il primo, e che per lo contrario se si svapora questa soluzione a caldo, egli è il cloruro sodico che si depone il primo. Bene spesso le inversioni che si producono nell'ordine delle solubilità dei sali con la temperatura, determinano delle doppie decomposizioni che si utilizzano nelle arti. Il solfato magnesico ed il cloruro di sodio offrono un esempio rimarchevole di questo fatto. Lasciando svaporare ad una temperie superiore a 12 un soluto contenente del cloruro di sodio e del solfato magnesico, si depone del cloruro sodico in cristalli, ed il solfato magnesico resta nel liquore. Se per lo contrario, l'evaporazione si effettua al disotto di 7 od 8 gradi, o meglio se raffreddasi sino a zero il soluto saturo a 15°, depongonsi dei cristalli di solfato sodico, ed il liquore contiene del cloruro magnesico.

I liquidi ed i gaz si uniscono fisicamente ai solidi e producono delle unioni egualmente solide. Le molecole fisiche dei sali idratati sono composte di sistemi atomici di sale, e di sistemi atomici d'acqua, che chiamasi *acqua di cristallizzazione*. Così le molecole del solfato di zinco cristallizzato risultano dall' unione di un sistema atomico di solfato con sette sistemi atomici d' acqua. Non solo i sali solubili ma anche quelli insolubili possono unirsi fisicamente con dell'acqua. Facendo passare una corrente d'acido carbonico nell'acqua di calce mantenutá ad una temperie tra 0 e + 2, formasi un precipitato che non tarda ad assumere un aspetto cristallino. Questo precipitato lavato con acqua, ed essicato sopra la carta sciugante, contiene 52 per 100 d'acqua, vale

a dire è composto di sei sistemi atomici d'acqua e di un solo di carbonato calcico. Se si scalda alla temperie di 30 gradi circa, si decompone, e diviene semifluido, stante il passaggio dell'acqua dallo stato di combinazione a quello di semplice mescolanza (Pelouze). I tessuti dei vegetabili e degli animali risultano da molecole fisiche composte di sistemi atomici d'acqua, e di sostanze solide sia organiche che minerali. Così il tessuto dei vegetabili si compone di cellulosa, di fibrosa o di vascolosa unite con dell'acqua e delle materie minerali. Il tessuto osseo degli animali si compone di acqua unita con dell'istosi e delle sostanze minerali che consistono principalmente in fosfato ed in carbonato di calce.

I solidi hanno in diverso grado la proprietà di assorbire i gaz, ossia di unirsi fisicamente ad essi in proporzioni diverse. Il palladio, adoperato come elettrode negativo nella decomposizione dell'acqua, si unisce con circa 900 volte il suo volume d'idrogeno (Graham). Anche il platino, l'iridio si uniscono con quantità notevoli di gaz idrogeno e di altri gaz. Un volume di platino spugnoso condensa un volume di idrogeno 745 volte maggiore del suo. Il carbone di legno assorbe pure i gaz in quantità considerevoli. Prima di determinare il potere assorbente di un solido verso qualche gaz bisogna privarlo dell'aria che ha già assorbito, scopo che si raggiunge per mezzo dello scaldamento, oppure tenendolo per certo tempo nel vuoto della campana pneumatica. La tendenza che hanno i gaz a conservare il loro stato cresce colla temperatura e diminuisce colla pressione. Ciò posto lo scaldamento debbe diminuire, e la pressione accrescere il potere assorbente dei solidi. Nell'unione dei gaz ai solidi succede che le molecole dei primi si decompongono, ed i loro sistemi atomici si uniscono alle molecole solide formando intorno ad esse una specie d'atmosfera, la cui densità cresce dalla periferia verso il centro. Quest'atmosfera penetra anche negli interstizi che lasciano tra loro i sistemi atomici che costituiscono le molecole del corpo solido.

I solidi posti in condizioni tali che l'affinità fisica possa vincere il loro stato di aggregazione, si uniscono fisicamente

tra di loro e producono delle composizioni solide. Così il ferro riscaldato per un certo tempo in presenza del carbonio, gli si unisce fisicamente, e produce l'acciaio. Le leghe sono dei composti che risultano dall'unione fisica di più metalli fra loro. È però molto probabile che nelle leghe i metalli eterogenei siano in parte fra loro chimicamente combinati. I minerali sono, per la massima parte, formati di più specie chimiche fisicamente fra loro unite. Così la dolomia è un minerale composto di sistemi atomici di carbonato di calce, e di sistemi atomici di carbonato di magnesia. Le materie coloranti si uniscono fisicamente ai tessuti e li colorano. I mordenti sono corpi che servono ad unire più stabilmente le materie coloranti ai tessuti, stante la grande affinità fisica che hanno colle materie coloranti e coi tessuti. Le lacche sono corpi risultanti dalla fisica unione di una o più materie coloranti con dell'alumina, o dell' ossido stannico..... Sciogliendo alume e materie coloranti, p. e. cocciniglia, nell'acqua, e versando nella soluzione dell'ammoniaca, accade che l'ammoniaca scompone l'alume e rende libera l'alumina, la quale allo stato nascente, si unisce colla materia colorante e produce una lacca rossa che precipita. Nella polvere da sparo, il carbone, il nitro e lo zolfo si trovano in tutto od in parte fisicamente fra loro uniti, e la polvere riesce tanto migliore quanto più intima è la fisica unione. Il carbone si unisce con quantità notevoli di materie coloranti organiche, e le toglie ai liquidi in cui erano sciolte. Questa proprietà venne utilizzata per privare corpi scoloriti dalle materie coloranti con cui trovansi naturalmente associati.

I corpi gassosi possono, alla maniera dei liquidi, sciogliersi gli uni negli altri e produrre delle unioni egualmente gassose. Debbe avere luogo fisica unione dei gaz tra loro, quando immutate rimanendo le proprietà chimiche dei gaz portati in presenza, avvengono dei cambiamenti nel volume, nella tensione e nella temperatura. Il vapore d'etere debbe sciogliersi in certa quantità nel vapore acqueo, perchè, come ha dimostrato Regnault, la tensione elastica di un misto di questi due vapori è minore della somma delle tensioni dei

due vapori presi isolatamente. Il vapore acquoso debbe sciorsi in piccolissima quantità nell'aria, perchè la porzione di tensione che questo vapore esercita nell'aria è alquanto minore della tensione che eserciterebbe allo stato isolato. Due liquidi volatili suscettivi di unirsi fisicamente tra loro debbono produrre dei vapori dotati di analoga proprietà. Diffatti la tensione elastica del vapore che si solleva da un liquido risultante dalla fisica unione di più liquidi, non presenta alcun rapporto colla somma delle tensioni che il vapore di ciascun liquido preso isolatamente avrebbe alla temperatura a cui si assoggetta. Anche liquidi volatili considerati come insolubili l'uno nell'altro, producono dei vapori che non obbediscono alla legge di Dalton, cioè la tensione elastica dei loro vapori non è uguale alla somma delle tensioni che i vapori dei corpi mescolati presentano isolatamente. Regnault ha diffatto riconosciuto che il vapore misto che si solleva da una mescolanza binaria di solfuro di carbonio e di acqua, di benzina e di acqua ha costantemente una tensione un poco più debole che la somma delle tensioni dei due vapori, e che il vapore misto che si eleva da un mescuglio di acqua e di cloruro di carbonio ha costantemente una tensione un poco più grande che la somma delle tensioni dei due vapori, locchè prova che il vapore acqueo si è sciolto in piccolissima quantità nel vapore degli altri corpi. Questo celebre fisico ha quindi ammesso che la legge di Dalton è una legge teorica che si verifica difficilmente in natura. Anche i gaz, che formano l'aria atmosferica debbono essere parzialmente sciolti gli uni negli altri.

L'unione fisica può dunque avere luogo sia tra corpi dello stesso che fra quelli di diverso stato d'aggregazione: per essa le molecole chimiche provenienti dalla decomposizione di molecole fisiche diverse si uniscono tra loro oppure con molecole fisiche rimaste indecomposte e ne producono di quelle più complesse.

La *decomposizione fisica* è una reazione opposta all'unione: è l'atto in cui le molecole fisiche si risolvono in altre molecole di natura meno complicata. Le unioni fisiche formate

di corpi volatili e di corpi fissi, oppure di corpi inegualmente volatili sono decomposte dal calore in molecole fisiche gassose che si svolgono od in molecole fisiche fisse o meno volatili che rimangono per residuo. Così per esempio le molecole fisiche dei sali idratati (alume, solfato sodico...) si risolvono, per l'azione del calore, in molecole d'acqua che svaporano, ed in molecole di sale anidro o meno idratato che restano. Vi sono dei sali detti *efflorescenti* che perdono l'acqua d'idratazione alla temperatura ordinaria, (carbonato di soda); questa proprietà chiamata *efflorescenza,* è opposta a quella denominata *deliquescenza,* che consiste nell'unirsi che fanno certi sali col vapore acquoso dell'aria. Questi corpi (carbonato potassico, cloruro di calcio) detti *deliquescenti* hanno una grande affinità fisica per l'acqua.

La *sostituzione* F. è l'atto in cui alcuni sistemi atomici di una molecola fisica vengono surrogati da altri di specie diversa. L'alcole versato in soluzione acquosa di solfato ramico ammoniacale prende il posto di questo sale, il quale precipita con elegante colore violaceo. L'acido nitrico aggiunto ad una soluzione acquosa di nitrato baritico, si sostituisce a questo sale e lo precipita. L'alcole aggiunto ad una soluzione acquosa di solfato calcico, si scioglie nell'acqua precipitandone il solfato. Versando soluzione alcolica di una resina nell'acqua, la resina precipita e l'alcole si unisce fisicamente all'acqua. Il gaz acido cloridrico fatto arrivare nell'acqua satura di CO^2, si scioglie nell'acqua, scacciandone CO^2. Nell'atto della sostituzione le molecole fisiche possono cangiare o no di struttura. Il numero dei sistemi atomici che perdono può essere eguale o diverso da quello che guadagnano.

La *trasposizione* o *metatesi fisica* consiste in un semplice cangiamento di disposizione dei sistemi atomici. Il cangiare che fa di colore e di forma il ioduro mercurico giallo quando viene rigato in qualche punto dipende da una trasposizione fisica. Il passaggio di un corpo dallo stato amorfo allo stato cristallino e reciprocamente, debbe dipendere non solo da un cangiamento di disposizione delle molecole fisiche ma ancora da una variazione di struttura di queste ultime. I corpi che

differiscono fra di loro solamente per la struttura e disposizione delle molecole fisiche diconsi *fisicamente isomeri:* quelli le cui molecole fisiche differiscono per il numero dei sistemi atomici chiamansi *fisicamente polimeri*. Da isomeria fisica dipendono le differenze che si osservano nei corpi dimorfi; da polimeria fisica quella che offre un corpo secondochè è allo stato gassoso, oppure liquido o solido.

Nell'unione fisica la grandezza delle molecole cresce ed il loro numero diminuisce, nella decomposizione la grandezza delle molecole diminuisce ed il numero cresce, nella sostituzione e nella trasposizione, i due mentovati fattori in generale non variano oppure cangiano in limiti poco estesi.

Le trasformazioni fisiche sono accompagnate da variazione di volume e di temperatura, e quindi da sviluppo od assorbimento di forza viva per lo più in forma di calorico.

La soluzione dei solidi nei liquidi è causa di abbassamento di temperatura, semprechè il solido non sia capace di unirsi ad una certa quantità di liquido e di formare con esso un composto egualmente solido. La quantità di calorico che pesi eguali dei diversi solidi assorbono sciogliendosi nell'acqua è diversa nei differenti corpi, e nello stesso corpo secondo la proporzione dello sciogliente. Così 50 grammi di cloruro potassico sciogliendosi in 200 centimetri cubi d'acqua abbassano la temperatura di 11, 4; mentre 50 grammi di sale marino sciolti nella stessa quantità d'acqua non l'abbassano che di 1, 9. Pesi chimicamente equivalenti dei solfati sodico, ferroso, magnesico, contenenti il massimo d'acqua di cristallizzazione assorbono sciogliendosi nell'acqua delle quantità di calorico che stanno fra loro come 4, 50 : 1, 06 : 0, 90 (Graham). Lo stesso chimico ha pure riconosciuto che un solido assorbe sciogliendosi in un liquido delle quantità diverse di calore secondochè il liquido in cui si scioglie ne contiene o no in soluzione, o con altre parole che le prime porzioni di un solido che si sciolgono in un liquido producono un freddo maggiore delle successive, dimodochè allungando mercè l'aggiunta di nuovo sciogliente una satura soluzione si ha un nuovo abbassamento di temperatura. Così sciogliendo succes-

sivamente e ad una temperatura costante in 1544 grani d'acqua (il grano inglese equivale a 0 grammi, 04926) sei equiv. di nitro (63, 25 grani × 6), il primo equiv. (63, 25 grani) di nitro abbassò di 5, 72 la temperie, il secondo l'abbassò di 5, 28, il terzo di 4, 94, il quinto di 4, 24, il sesto di 3, 82 del termometro di Fahrenheit. Il soluto di nitro così ottenuto allungato successivamente con due porzioni d'acqua di 1544 grani caduna, la prima porzione abbassò la temperatura di 1, 28, la seconda di 0, 38... Graham trattò in un modo analogo altri sali e fu condotto ad analoghi risultati. Giova intanto d'aggiungere che il soluto di cloruro di calcio allungato d'acqua dà luogo, secondo le sperienze di Person, ad elevazione di temperatura, e quindi a sviluppo di calore. Se in luogo di sciogliere il solido nell'acqua pura si scioglie in un liquore acido, l'abbassamento di temperatura è sovente più considerevole o più rapido. Così sciogliendo del solfato sodico cristallizzato nell'acqua acidulata di HCh o di H^2SO^4 ottiensi un abbassamento di temperatura da 25 a 30 gradi. Molti corpi solubili nell'acqua messi in contatto del ghiaccio ne determinano prontamente la liquefazione e producono un notevole freddo dipendente ad un tempo e dal calorico sensibile reso latente per la liquefazione del ghiaccio, e dal calorico sensibile reso latente per la soluzione del sale. Il sale marino ed il ghiaccio pesti producono un freddo di —14: il cloruro di calcio e la neve od il ghiaccio pesto abbassano la temperie di —45.

Il diverso grado di abbassamento di temperatura che i diversi solidi producono sciogliendosi nell'acqua può essere utilizzato per calcolare la proporzione di due corpi mescolati insieme ed incapaci di agire chimicamente tra loro. Sia c l'abbassamento di temperatura che 50 grammi di un misto di cloruro potassico e di cloruro sodico producono sciogliendosi in 200 centimetri cubi di acqua. Sia x il numero dei grammi di KCh che si trovano nei 50 grammi del misto, l'abbassamento di temperatura τ che x grammi di KCh produrranno sciogliendosi in 200 centimetri cubi di acqua sarà

dato dalla proporzione $50:11,4::x:r$, d'onde $r=\frac{11,4\times x}{50}$.
Parimenti l'abbassamento di temperatura t prodotto per la soluzione di $(50-x)$ grammi di NaCh in 200 centimetri cubi d'acqua sarà dato dalla proporzione:

$$50:1,9::50-x:t \text{ d'onde } t=\frac{1,9\times 50-x}{50}\ldots$$

L'abbassamento di temperatura prodotto dai 50 grammi di una mescolanza sarà dunque espresso per $\frac{11,4\times x}{50}+\frac{1,9\times 50-x}{50}$.
Ma l'abbassamento di temperatura osservato è a, si ha dunque $\frac{11,4\times x}{50}+\frac{1,9\times 50-x}{50}=a$; d'onde $x=\frac{50(a-1,9)}{9,5}$.

Affinchè le quantità dei due sali trovate col calcolo sieno d'accordo con quelle realmente contenute nel mescuglio è necessario che il cloruro potassico quando è mescolato con il cloruro sodico, e questi con quello, abbassino, sciogliendosi nell'acqua, dello stesso grado la temperatura che quando sono isolati.

Allorchè una certa dose di liquido può unirsi fisicamente al solido, allora la temperatura nell'atto della soluzione si abbassa o si eleva o non varia secondochè l'abbassamento di temperatura cagionato dalla soluzione è maggiore o minore od eguale all'elevazione prodotta dall'altra cagione. Così mentre il solfato sodico ed il cloruro calcico quando sono idratati abbassano, sciogliendosi nell'acqua la temperatura, quando sono anidri la elevano, perchè una porzione d'acqua nell'idratare i ridetti sali, eleva di più la temperatura, di quello che la abbassino i sali idratati nello sciogliersi nell'acqua.

La soluzione dei gaz nei liquidi produce elevazione di temperatura. Per impedire che i liquidi, nell'atto che si saturano di qualche gaz, si riscaldino e perdano in facoltà sciogliente, si circondano i vasi in cui sono contenuti con un bagno frigorifico. La soluzione dei liquidi tra loro ora è accompagnata da abbassamento ora da elevazione di temperatura. In alcuni rari casi la variazione di temperatura è nulla

o quasi nulla. L'unione dell' acqua all' acido solforico, dell'acqua all'alcole dà luogo ad una notevole elevazione, quella dell'acqua all'acido cianidrico, dell'alcole al solfuro di carbonio ad un considerevole abbassamento di temperatura. La temperatura varia diversamente e può anche non variare a seconda delle quantità relative dei due liquidi che insieme si uniscono ed a seconda della temperatura iniziale. 54 parti d'acido cianidrico abbassano di 9, 75 la temperatura quando si uniscono con un'eguale quantità d'acqua; di 8, 50 allorchè si uniscono con 18 parti d'acqua, e di 7, 75 quando si uniscono con 72 parti d'acqua. Quando si mescono insieme 92, 84 di cloroformio con 7, 16 d'alcole, la temperatura si abbassa di 2, 50; quando si mescono 30, 18 del primo con 69, 82 del secondo la temperatura si eleva di 4, 20, e non varia sensibilmente allorchè 77, 56 di cloroformio sono mescolate con 22, 44 d'alcole, ... Se i mescugli dei due liquidi invece di essere eseguiti, come nei recati esempi, ad una temperatura iniziale compresa tra 14 e 23, si eseguiscono ad una temperatura assai lontana da questo limite, i risultati ottenuti non sono gli stessi, ed in generale si osserva che la produzione di freddo cresce a misura che si opera ad una temperie più elevata. Volumi eguali di solfuro di carbonio e di alcole mescolati alla temperatura di circa 21 gradi abbassano di 5, 90 la temperatura; se si mescono alla temperatura zero la abbassano solamente di 3 gradi. Similmente si comportano l' acqua e l'acido cianidrico, l' acqua e l' acido acetico (Bussy e Buignet). Questi illustri chimici per misurare le variazioni di temperatura cagionate dall' unione dei liquidi, fecero uso di un apparecchio composto di un matraccio di vetro sottile, e di un'allunga munita di un robinetto. Le due parti essèndo aggiustate l'una sopra l'altra, si introduce l'uno dei liquidi nel matraccio posto al disotto, e l'altro nell'allunga. La temperatura dei due liquidi viene indicata da due termometri assai sensibili e comparabili. Come siasi stabilito l'equilibrio di temperatura (t), si apre il robinetto dell'allunga. Il mescuglio ha subito luogo, ed una leggera agitazione basta per operare la completa soluzione.

Si osserva allora il movimento del termometro, e si nota la temperatura t' corrispondente al limite estremo di questo movimento. L'elevazione o l'abbassamento di temperatura sono dati dalla differenza t — t' o t' — t.

La fisica unione dei gaz e dei liquidi ai solidi dà luogo ad elevazione di temperatura e quindi a svolgimento di calorico. L'aria nell'unirsi al carbone eleva la temperatura, e lo scaldamento talvolta è tale da accendere il carbone. L'accendilume a gaz idrogeno è fondato sopra la grande quantità di calore che questo gaz svolge nell'unirsi al platino, il quale reso incandescente ne accende il gaz. Molti gaz svolgono nell'unirsi a certi solidi una quantità di calorico più grande di quella che emettono liquefacendosi. Il gaz acido solforoso, giusta gli esatti sperimenti di Favre nell'atto che viene assorbito dal carbone sviluppa 150, 1 unità di calorico, il gaz protossido d'azoto ne sviluppa 148, 3, mentre il calorico di liquefazione di un eguale peso di acido solforoso è 88, 3; quello del protossido d'azoto 100, 6. Il calorico svolto (148, 8), dall'acido carbonico assorbito nei pori del carbone oltrepassa quello (138, 7) che svilupperebbe lo stesso acido solidificandosi. I sistemi atomici di questi e di altri gaz si condensano dunque maggiormente fra loro quando vengono assorbiti da certi solidi che quando passano allo stato liquido. Favre ha anche riconosciuto che le prime porzioni di gaz che vengono assorbite dal carbone sviluppano più calorico delle successive. Graham ha pure dal suo canto riconosciuto che l'acqua nell'unirsi ai sali anidri dà luogo a sviluppo di calorico, e che le prime porzioni ne svolgono di più delle successive. Così il solfato zincico contiene 7 molecole d'acqua: il calorico totale che si svolge per l'unione di quest' acqua con il sale anidro è 1034: quello che si sviluppa nell' unirsi della prima molecola è 342 cioè un terzo di 1034 in luogo di un settimo. Il solfato magnesico se si unisce con 7 molecole d'acqua sviluppa 1050 di calorico; unendosi colla prima molecola ne svolge 260, numero che è un quarto in luogo di un settimo di 1050. Questi fatti dimostrano, che i sistemi atomici dei liquidi e dei gaz si attaccano alla superficie delle

molecole dei solidi, e penetrano anche nei loro pori e che i sistemi atomici delle prime porzioni di liquido o di gaz che si uniscono ai solidi si collocano più da vicino al centro delle molecole del solido, di quelli che si uniscono successivamente, e siccome la potenza condensativa cresce dalla periferia verso il centro, così i sistemi atomici che si sono collocati più vicino al centro delle molecole debbono condensarsi più degli altri, e se si condensano di più si riscaldano anche di più, e per stabilire l'equilibrio di temperatura, svolgono una maggiore quantità di calorico.

Le variazioni di temperatura a cui danno luogo le unioni dei solidi e dei gaz furono finoggi poco studiate.

La decomposizione fisica essendo una trasformazione opposta all'unione, è per conseguenza accompagnata da fenomeni contrari ed opposti. Se due corpi nell'unirsi fisicamente svolgono *n* di calorico, e diminuiscono *v* di volume, nel separarsi e diventare liberi assorbono *n* di calorico e crescono *v* di volume, semprechè acquistino quella struttura che avevano prima di unirsi; altrimenti le variazioni che hanno luogo nella decomposizione sono opposte ma non eguali a quelle che hanno luogo nell'unione. Nella soluzione dei sali nei liquidi la temperatura si abbassa ed il volume diminuisce; le soluzioni saline nell'atto che cristallizzano si scaldano e crescono di volume (Bellani). I gaz nell'unirsi ai liquidi od ai solidi si scaldano e diminuiscono di volume, nel separarsi si raffreddano e crescono di volume. L'acqua nell'unirsi ai sali anidri sviluppa del calorico, e ne assorbe separandosi; le prime porzioni che si uniscono ad un sale anidro svolgono più calorico delle successive, e ne assorbono anche di più nel separarsi. Il solfato ferroso cristallizzato scaldato a 100 perde sei molecole d'acqua, ma la settima molecola non la perde che a circa 300.

Le trasformazioni fisiche che fanno crescere la temperatura fanno diminuire il volume delle molecole e reciprocamente quelle che producono diminuzione nella temperatura cagionano aumento nel volume. Intanto siccome il volume delle molecole può variare indipendentemente da quello dei

corpi e può anche variare in senso opposto, così può avvenire che mentre la temperatura diminuisce, diminuisca anche il volume dei corpi (soluzione dei solidi nei liquidi) e mentre la temperatura cresce, cresca pure il volume (separazione dei solidi dai liquidi). In generale però avviene che quando la temperatura cresce, il volume diminuisce, e quando la temperatura diminuisce, il volume cresce.

La coesione che aggrega insieme le molecole fisiche e la gravitazione chimica ossia l'affinità fisica che individua i sistemi atomici in molecole fisiche sono le cause che fanno variare la struttura, il volume e la temperatura dei corpi e quindi le loro proprietà. Le condizioni ossia la natura delle radiazioni eteree in cui i corpi sono immersi, sono le ragioni che determinano le due mentovate cause ad operare nel modo in cui operano. La coesione che fa variare la disposizione delle molecole fisiche ed il volume dei corpi essendo diversa dalla gravitazione chimica che fa variare la struttura, ed il volume delle molecole fisiche si comprende quindi il perchè la variazione di volume dei corpi sia indipendente dalla variazione di volume delle molecole fisiche.

I sistemi atomici eterogenei che si individuano nella stessa molecola fisica possono tutti dare luogo ad espansione oppure a contrazione, ovvero alcuni possono essere causa di espansione ed altri di contrazione molecolare. Nel primo caso la trasformazione fisica è accompagnata da abbassamento nella temperatura, nel secondo caso da elevazione, e nel terzo caso da abbassamento, o da elevazione nella temperatura, secondochè la somma dei volumi molecolari cresce o diminuisce, essendochè l'intensità delle forze è in ragione inversa dei volumi molecolari, e quando questi non variano, non varia pure la temperatura, il quale caso si presenta allorchè l'accrescimento di volume prodotto da alcuni sistemi atomici è eguale alla diminuzione di volume cagionato da altri sistemi. Indicando con c il grado di contrazione, e con s il grado di espansione cagionato da ciascun sistema atomico, con n il

numero dei sistemi, e con *D* la variazione di temperatura, la fisica trasformazione può presentare i tre casi seguenti:

$$D = cn + c'n$$
$$D = sn + s'n$$
$$D = cn - sn.$$

Nel primo caso la temperatura cresce, nel secondo diminuisce, e nel terzo può crescere o diminuire oppure non variare secondochè cn è $>$ o $<$ od $= sn$. Nell'unione del cloroformio all'alcole, i sistemi atomici del primo debbono far crescere e quelli del secondo diminuire il volume delle molecole fisiche, e la temperatura diminuisce o cresce oppure non varia a seconda delle quantità relative dei due corpi. Se predomina il cloroformio la temperatura diminuisce, se predomina l'alcole cresce..... Lo stesso dicasi della soluzione dell' alcole nell' acqua e di tante altre unioni fisiche in cui alcuni sistemi atomici fanno crescere ed altri diminuire il volume delle molecole fisiche. Le variazioni di temperatura sono proporzionali alle variazioni dei volumi molecolari di guisa che dalla conoscenza del valore di queste si può calcolare il valore di quelle e reciprocamente.

La gravitazione chimica variando al variare delle condizioni ne viene per conseguenza che in certe condizioni i sistemi atomici dei corpi A e B si uniscono insieme per formare il corpo AB, in altre condizioni si separano e rigenerano i corpi A e B; in certe condizioni i corpi A e B si uniscono in un rapporto, in altre condizioni si uniscono in rapporti diversi, oppure non possono unirsi; in certe condizioni il corpo C si unisce al composto AB per formare la combinazione ABC, in altre condizioni scaccia il corpo B dal composto AB, in altre condizioni succede il contrario; cioè il corpo B scaccia il corpo C dal composto AC. Quando un corpo B scaccia il corpo C dal composto AC vuol dire che in quelle condizioni il corpo B ha più affinità verso il corpo A, del corpo C, o con altre parole che le molecole AB, CC offrono un equilibrio più stabile delle molecole AC, BB. Il combinarsi di un corpo A, quando si trova in presenza dei corpi B e C, anzi con B che con C, dimostra che i sistemi

atomici del corpo A gravitano maggiormente, o con altre parole hanno maggiore affinità verso quelli del corpo B che verso quelli del corpo C. Esponendo della carta stampata in un soluto acquoso di iodo, succede che il iodo si unisce di preferenza col nero della stampa che col bianco della carta. Niepce fece un'utile applicazione di questa proprietà. Applicando la stampa colle parti nere iodate sopra una lastra di vetro spalmata d'amido, l'immagine della stampa appare in turchino di ioduro d'amido; applicando quindi quest'immagine turchina umettata sopra una lastra di rame, l'amido si scolora, cede il iodo al rame ed i tratti del disegno vengono riprodotti sopra questo metallo in ioduro ramoso.

L'affinità fisica in quanto conserva formate le esistenti molecole, è tanto più energica quanto più piccole sono le distanze che separano i sistemi atomici dal centro della molecola o con altre parole quanto maggiore è la quantità di calorico che le molecole hanno sviluppato formandosi. Il grado di quest'affinità è proporzionale al grado di stabilità, e si può misurare dalla resistenza che le molecole oppongono ad essere decomposte, oppure dall'unirsi, a parità di condizioni, un corpo A preferibilmente ad un corpo B che ad un corpo C. L'acqua quando è unita all'acido solforico svapora meno facilmente che quando è pura, locchè prova che le molecole fisiche composte di sistemi atomici di H^2O e di H^2SO^4 sono più stabili di quelle che sono soltanto composte di sistemi atomici di H^2O. La così detta acqua di cristallizzazione sta unita al sale anidro con una forza tanto più grande quanto maggiore è la temperatura che richiede per essere espulsa. Il solfato ferroso cristallizzato alla temperie di 100 perde sei settimi dell'acqua che contiene, l'ultimo settimo non lo dismette che alla temperie di 300: vuol dunque dire che le molecole del sale in discorso sono meno stabili quando il rapporto tra il numero dei sistemi atomici di acqua e quello del solfato è : : 7 : 1, che quando questo rapporto è : : 1 : 1. Non solo le unioni del solfato ferroso con l'acqua, ma anche la più parte degli altri composti fisici presentano un grado di stabilità diverso a seconda delle

relative quantità dei componenti. L' acido azotico si unisce in tutte le proporzioni con l'acqua, e forma dei composti diversi di cui il più stabile si è quello che risulta dall'unione di due molecole d' acido con tre d' acqua. Fra i molteplici composti che il gaz cloridrico produce unendosi all'acqua, il più stabile si è quello che contiene un sistema atomico di acido HCh e sedici di acqua.

Si determina quale sia la composizione fisica di un corpo per mezzo della sintesi ossia tenendo conto dei rapporti in cui i rispettivi componenti si uniscono per formarlo, oppure per mezzo dell'analisi. Così un soluto acquoso d'acido solforico contiene due per cento d'acido se si è ottenuto unendo insieme 98 parti d'acqua e 2 p. d'acido solforico. Allorchè un composto fisico consta di un corpo volatile e di uno o più corpi fissi, se ne può determinare la composizione per mezzo dello scaldamento. Un sale idratato sottoposto all'azione di sufficiente temperatura si decompone in acqua che svapora e nel sale anidro che resta. Sia P il peso del sale idratato sottomesso allo scaldamento, p il peso del sale anidro ottenuto; $(P-p)$ sarà il peso dell'acqua. Un peso P di sale idratato contiene dunque p di sale anidro e $P-p$. di acqua. Il residuo che si ottiene dall' evaporazione di un dato peso di acqua potabile, o di un' acqua minerale rappresenta la quantità di materie fisse che l' acqua teneva in soluzione. Quando un composto fisico consta di più corpi volatili, o di più corpi fissi, allora per determinarne analiticamente la composizione si ricorre a procedimenti chimici. Si determina per es. la quantità d'acido solforico tenuta in soluzione nell'acqua, precipitando l'acido per mezzo del cloruro di bario, e dalla quantità di solfato di barite che si ottiene, si deduce quella dell'acido solforico, perchè è noto che 233, 50 di solfato di barite corrispondono a 98 d'acido solforico. Si stabilisce la quantità d'argento contenuta in una lega ad es. di rame e di argento, trattando la lega con dell' acido azotico il quale discioglie ambedue i metalli, e versando nel liquore dell'acido cloridrico, il quale precipita l'argento allo stato di cloruro, e dalla quantità di cloruro si deduce quella dell'ar-

gento perchè è noto che 143, 50 di cloruro d'argento contengono 108 d'argento.

Per rendere comparabili le quantità dei componenti che formano un composto fisico o chimico, si sogliono riferire a cento parti in peso. Dalla composizione centesimale di un composto fisico si può facilmente dedurre il rapporto numerico delle molecole chimiche che informano la molecola fisica, dividendo ciascuna quantità centesimale per il peso della rispettiva molecola chimica. Cento parti d'acqua forte contengono 33, 30 d'acqua e 66, 70 d'acido azotico. Dividendo 33, 30 per 18 peso della molecola chimica dell'acqua si ha per quoziente 1, 85; dividendo 66, 70 per 63 peso della molecola chimica dell'acido azotico si ha per quoziente 1, 05. Questi due numeri 1, 85 e 1, 05 stanno fra di loro come il peso di tre molecole d'acqua sta al peso di due molecole d'acido azotico. La molecola fisica dell'acqua forte è dunque formata di due molecole d'acido azotico e di tre molecole d'acqua, oppure di quattro molecole del primo e sei della seconda...

Il peso di una molecola fisica è la somma dei pesi delle molecole chimiche da cui è formata, come il peso di una molecola chimica è la somma dei pesi degli atomi di cui è composta.

CAPITOLO VI.

Fenomeni dipendenti da trasformazioni chimiche e metodi per determinare i pesi atomici e la costituzione chimica dei corpi.

La materia ponderabile e l'etere, le parti ed il tutto, il finito e l'infinito sono tra loro mutuamente dipendenti, ed ogni cosa dipende dalla legge universale dell'ordine e dell'armonia. In ogni luogo si forma ed esiste un essere, un organismo che è in armonia con quelli che si formano ed esistono in altri luoghi, perchè le radiazioni eteree di un luogo provengono dagli esseri che vibrano e rotano in altri luoghi, e perchè così ha ordinato la suprema Intelligenza. Il modo di muoversi, di vibrare di un essere dipende dalla sua forma e grandezza: la natura delle radiazioni che un essere produce nell'etere dipende dal suo modo di muoversi: ciò posto la forma e grandezza di un essere dipende dalle forme e grandezze degli altri esseri, cioè dalle radiazioni che da essi provengono, e quando queste variano esso si modifica o si trasforma per generare delle forme che siano in armonia con quelle degli altri esseri. Quando per le mutate radiazioni (condizioni) non solo le risultanti fisiche e chimiche ma anche le forze atomiche cangiano di direzione, allora i corpi subiscono una *trasformazione chimica*, vale a dire le loro molecole fisiche e chimiche si decompongono e gli atomi si individuano in nuove molecole chimiche e fisiche, le quali formano aggregate insieme dei nuovi corpi. La variazione degli effetti è proporzionale alla variazione delle cause. Le trasformazioni chimiche fanno variare maggiormente le proprietà dei corpi delle fisiche, perchè nelle prime

il numero delle cause che variano è più grande che nelle seconde.

Non è tuttavia impossibile che avvenga variazione nella direzione delle forze atomiche e non nelle altre: ma questo caso debbe presentarsi assai raramente. La variazione dei vicini, della pressione, della temperatura..... sono cagioni che fanno variare le radiazioni e possono determinare le forze molecolari e quindi anche le forze atomiche a cangiare direzione ed a trasformare i corpi che esistono in altri corpi, o con altre parole ad indurre la materia a cangiare modo di divenire.

Allorchè i vicini che circondano un corpo variano, o con altre parole allorchè un corpo A giunge a contatto di un corpo B, succede chimica trasformazione se i sistemi atomici dei corpi venuti in presenza non possono accordare le loro mutue azioni e reazioni, oppure se gli atomi venuti in presenza possono formare dei sistemi atomici più stabili di quelli che esistono. Quando le vibrazioni chimiche del corpo A non possono accordarsi con le radiazioni chimiche del corpo B, nè con quelle dei suoi prodotti, e le vibrazioni chimiche del corpo B non possono accordarsi con le radiazioni chimiche del corpo A nè con quelle dei suoi prodotti, allora i sistemi atomici di ambedue i corpi si decompongono e generano dei nuovi sistemi e quindi delle nuove molecole capaci di accordarsi tra loro. Quando poi le vibrazioni chimiche del corpo A non possono accordarsi con le radiazioni del corpo B nè con quelle dei suoi prodotti, mentre le vibrazioni chimiche del corpo B possono accordarsi colle radiazioni del corpo A o con quelle dei suoi prodotti, allora i sistemi atomici del corpo A si decompongono e non quelli del corpo B. Portando a contatto del marmo dell'acido cloridrico i sistemi atomici di ambedue i corpi si decompongono e generano dei sistemi atomici di cloruro calcico, di anidride carbonica e di acqua. L' argento senza alterarsi induce per il semplice contatto l'acqua ossigenata a decomporsi in ossigeno ed in acqua. Il fulminato argentico , il cloruro d' azoto percossi con corpi duri ossia rapidamente compressi si trasformano in altri corpi.

L'ossigeno e l'idrogeno rapidamente compressi in uno schizzatoio si combinano e producono dell'acqua: concorre a provocare questa combinazione oltre la pressione anche il calorico che i gaz sviluppano riducendosi a minore volume. Collo scaldamento l'ossido d'argento si trasforma in ossigeno ed in argento, perchè a temperature elevate, l'affinità omogenea degli atomi d'ossigeno verso altri atomi d'ossigeno, e degli atomi d'argento verso quelli d'argento, è maggiore dell'affinità eterogenea degli atomi d'ossigeno verso quelli d'argento. Siccome la natura delle radiazioni calorifiche varia al variare della temperatura così la natura dei composti che si formano può variare al variare della temperatura. A temperie poco elevata l'ossigeno si combina col mercurio per produrre dell'ossido di mercurio, a temperie più elevata l'ossido di mercurio si decompone in ossigeno ed in mercurio. Il ferro toglie l'ossigeno all'ossido potassico ed il potassio lo ritoglie all'ossido di ferro secondochè la temperie è più o meno elevata, locchè dipende soprattutto dalla fissità del ferro e dalla volatilità del potassio, il quale a temperie molto elevata si allontana, vestendo lo stato aeriforme, a poco a poco dal campo della reazione. I corpi organici si modificano in un modo diverso a seconda della temperatura a cui vengono riscaldati.

La luce, l'elettrico, il suono... consistendo in particolari radiazioni della materia esercitano un'influenza sul modo d'essere dei corpi, e possono determinarli a trasformarsi in altri corpi. Gli ossidi ed i cloruri d'argento, di oro, di mercurio, conservansi inalterati in luogo scuro, in contatto della luce si decompongono, cangiano colore, svolgendo dell'ossigeno o del cloro. Il modo d'agire della luce sui corpi varia a seconda del suo colore, perchè la lunghezza delle sue ondulazioni varia col variare del colore. Una carta bagnata di tintura di guaiaco, da gialla diviene verde ai raggi rossi ossidandosi, ai raggi violetti ritorna gialla deossidandosi. La luce delle diverse fiamme opera in un modo diverso sui corpi, perchè le radiazioni luminose variano al variare delle fiamme ossia dei corpi che bruciano. La scintilla elettrica

provoca la combinazione di molti corpi gassosi, per es. dell'ossigeno con l'idrogeno, non che la decomposizione di molti gaz composti. Il gaz ammoniacale per l'azione di più scintille ossia di più radiazioni elettriche, si risolve nei suoi componenti azoto ed idrogeno. Quasi tutti i corpi composti collocati in condizioni opportune sono trasformati dalla corrente elettrica sufficientemente intensa in due prodotti, l'uno dei quali si rende al polo positivo, e l'altro al polo negativo.

Le vibrazioni che producono i corpi nell' atto della loro istantanea decomposizione inducono altri corpi capaci di concepire analoghe vibrazioni a decomporsi. Un'esplosione di una certa natura può provocare l'esplosione egualmente violenta di masse distinte e separate della stessa materia non che di altre materie esplosive. Con una fiamma od un corpo caldo non si giunge a far esplodere la nitroglicerina, che in condizioni particolari, mentre basta l'esplosione di una piccola carica di polvere o di altre sostanze esplosive per farla detuonare. L'esplosione della nitroglicerina, del ioduro di azoto non fa esplodere il cotone fulminante; quella di 0,$^{gr.}$32 di un fulminato qualunque contenuto in un inviluppo solido è sufficiente per farlo esplodere. Non è raro di vedere prodursi, con tutta l'apparenza della simultaneità, molte esplosioni di masse delle medesime sostanze esplosive, separate ed alcune volte assai distanti.

La pirossilina, la polvere da sparo esplodendo all'aria libera sotto l'influenza di una detonazione esercitano un'azione distruttiva più violenta che quando, chiusi in vasi, vengono infiammati col calore. Nella fabbricazione delle mine conviene quindi eccitare la decomposizione della materia esplosiva per via di detonazione.

Il momento in cui gli atomi si dissociano dalle molecole che formano chiamasi *stato nascente*. Questo stato è il più propizio alla combinazione degli atomi: parecchi non si combinano, come gli atomi di cloro e di ossigeno, di bromo e di ossigeno, che quando si incontrano mentre sono allo stato nascente.

I sistemi atomici che nascono dalle chimiche trasforma-

zioni sono ora più, ora meno, ora egualmente complessi dei sistemi generatori. Il grado di complessità dei sistemi atomici è in ragione diretta delle specie e del numero degli atomi da cui sono formati. I sistemi atomici i meno complessi sono quelli costituiti di una sola specie d'atomi, ossia quelli da cui risultano formati i corpi detti semplici od elementari. Le trasformazioni chimiche chiamansi *sintetiche* se per esse si ottengono dei sistemi più complessi, *analitiche* se generano dei sistemi meno complessi. Le prime costituiscono la *sintesi*, le seconde l'*analisi chimica*. Atomi di specie diverse combinandosi insieme generano i sistemi atomici dei corpi composti, la cui composizione può essere determinata colla sintesi ossia tenendo conto del rapporto in cui i corpi semplici si combinano per generarli, e coll'analisi misurando cioè le quantità dei corpi elementari che si ottengono da un dato peso del corpo composto. Decomponendo l'acqua per mezzo di una corrente elettrica il peso d'ossigeno che si raccoglie al polo elettro-positivo sta al peso d'idrogeno che si rende all'altro polo come 8 sta ad 1. Facendo passare una scintilla elettrica attraverso un mescuglio d'idrogeno e d'ossigeno a volumi eguali, si forma dell'acqua, ed il volume gassoso si riduce al quarto del volume primitivo. Il gaz che rimane è puro ossigeno, dunque i tre quarti del volume spariscono; e poichè tutto l'idrogeno resta consumato, è chiaro che di questi tre quarti 2 erano d'idrogeno, 1 d'ossigeno. La densità dell'idrogeno essendo 0,0692, quella dell'ossigeno 1,1056 per formare dell'acqua si è dunque impiegato $0,0692 \times 2 = 0,1384$ d'idrogeno e 1,1056 d'ossigeno, i quali due numeri sono fra di loro nello stesso rapporto che 1 : 8. Nove parti d'acqua sono quindi composte di una parte d'idrogeno e di otto parti d'ossigeno. Cento grammi di mercurio producono combinandosi con l'ossigeno cento ed otto grammi di ossido rosso di mercurio; decomponendo per mezzo del calore l'ossido rosso di mercurio la quantità d'ossigeno che si ottiene sta alla quantità di mercurio come 1 : 12,50. Dunque 13,50 parti di ossido mercurico contengono una parte di ossigeno e 12,50 parti di mercurio. L'ossigeno nel com-

binarsi al carbonio per produrre l'anidride carbonica non varia di volume. In un volume di anidride carbonica vi è dunque un volume d'ossigeno. Ciò posto deducendo dalla densità dell'acido carbonico che è 1,5239 quella dell'ossigeno che è 1,1026, il residuo 0,4213 rappresenta il carbonio. Si giunse ad un analogo risultato decomponendo l'acido carbonico per mezzo del potassio: 15239 parti d' acido carbonico sono quindi composte di 4213 p. di carbonio e 11026 d'ossigeno. Trentadue parti in peso di nitrato argentico sciolte nell'acqua pura e trattate con acido cloridrico forniscono 28,4 di cloruro d'argento; 28,4 di questo cloruro contengono p. 21,3 d'argento, dunque 32 di nitrato argento contengono 21,3 d'argento... Con metodi analoghi si determina la composizione chimica degli altri corpi.

I chimici per rendere paragonabili i risultati delle analisi, sogliono rappresentare la composizione dei corpi in centesimi. Quando si conoscono le quantità dei componenti necessarie per formare un dato peso di un composto, si calcola facilmente quali sieno le quantità dei componenti necessarie per formare un peso qualunque dello stesso composto, essendochè le quantità dei componenti variano tra loro in modo da conservare sempre lo stesso rapporto geometrico. Diffatti se 108 d' ossido mercurico contengono 8 d'ossigeno 100 ne conterranno x; d'onde $x = \frac{100 \times 8}{108} = 7,40$. Risulta quindi che 100 d'ossido mercurico contengono 92,60 di mercurio, e 7,40 d'ossigeno, perchè 92,60 : 7,40 : : 100 : 8. Similmente si procede per trovare le quantità dei componenti (quando se ne conosce il loro rapporto) che entrano in una quantità qualunque di un composto.

Tutte le analisi e le sintesi fatte sinora si accordano nel dimostrare che:

1° Tutti i corpi si combinano in rapporti invariabili, ed i composti che ne risultano hanno una composizione costante. In ciò consiste *la legge detta delle proporzioni semplici*. Il cloruro di sodio contiene costantemente delle quantità di cloro e di sodio che stanno nel rapporto del 3 al 2; l'acqua

racchiude delle quantità di idrogeno e di ossigeno che stanno nel rapporto costante dell'1 all'8; le quantità di carbonio e di ossigeno che formano l'acido carbonico stanno costantemente fra loro come 3 : 8 e così dicasi degli altri corpi composti:

2° Allorchè due corpi semplici o composti si combinano in più proporzioni, facendo nei composti che ne risultano costante la quantità di uno di essi, le quantità dell'altro variano secondo dei rapporti semplicissimi ossia sono dei moltipli o dei sotto-moltipli della proporzione la più piccola. In ciò consiste *la legge delle proporzioni moltiple.* Così l'azoto forma con l'ossigeno cinque composti, nei quali, se si fa costante la quantità d'azoto, le quantità d'ossigeno stanno fra loro come i numeri 1, 2, 3, 4, 5. Diffatti sette in peso di azoto si uniscono con quattro d'ossigeno per produrre il protossido d'azoto; con otto per generare il biossido; con 12 per dar nascenza all'anidride azotosa; con 16 per formare l'ipoazotide, e con 20 per produrre l'anidride azotica. Medesimamente sette di ferro producono combinandosi con due di ossigeno il protossido di ferro, con tre il sesquiossido; 40 parti di idrato sodico si uniscono con 22 o con 44 di acido carbonico e producono nel primo caso, oltre l'acqua, del carbonato sodico neutro, e nel secondo del carbonato sodico acido.

3° Nei composti analoghi le quantità relative dei componenti sono proporzionali tra di loro, dimodochè se si conoscono i rapporti in cui i diversi corpi si combinano colla stessa quantità di un solo di essi, si conosce altresì il rapporto in cui si combinano fra di loro. Uno di idrogeno in peso si combina con 8 d'ossigeno, con 16 di solfo, con 35,50 di cloro... per produrre l'acqua, l'acido solfidrico, l'acido cloridrico; l'ossigeno può produrre col solfo e col cloro dei composti analoghi, ebbene otto d'ossigeno si combinano con 16 di solfo, con 35,50 di cloro... per produrre l'anidride iposolforosa, l'anidride ipoclorosa. Otto di ossigeno si combinano con 28 di ferro, con 31,75 di rame, con 108 d'argento... per produrre i protossidi di ferro, di rame, d'ar-

gento... il solfo ed il cloro producono con questi metalli dei composti analoghi, sedici di solfo si combinano dunque con 28 di ferro, con 31,75 di rame, con 108 d'argento... per generare i protosolfuri di questi metalli; 31,50 di cloro si combinano quindi con 28 di ferro, con 31,75 di rame, con 108 d'argento per dare nascenza a dei protocloruri.

Applicando le stesse considerazioni agli altri corpi semplici si è formato una serie di numeri esprimenti il rapporto in cui ciascuno di essi si combina con 1 di idrogeno, oppure con 8 d'ossigeno, con 16 di solfo... per produrre dei composti analoghi. Questi numeri hanno ricevuto il nome di *equivalenti* o *numeri proporzionali*, perchè sebbene non abbiano la menoma relazione per quel che riguarda il valore numerico, esprimono tuttavia quantità in peso capaci dell'istessa azione chimica, cioè di sostituirsi le une alle altre nei composti analoghi. Per surrogare 8 di ossigeno in un composto bisogna adoperare, 16 di solfo, 35,5 di cloro... Per sostituire 31,75 di rame bisogna impiegare 28 di ferro, 108 d'argento... Allorchè sotto la combinata azione del calorico e del cloro, la calce si converte in cloruro di calcio, la quantità d'ossigeno che perde sta alla quantità di cloro che fissa come 8 : 35,50. Allorchè il protocloruro di rame sotto l'azione del ferro si converte in protocloruro di ferro, la quantità di rame che si separa sta alla quantità di ferro che entra in combinazione come 31,75 : 28.

Quando i composti non sono analoghi allora il valore dell'equivalente chimico varia. Così nel protocloruro di ferro ed in altri analoghi composti 28 di ferro equivalgono a 23 di sodio, mentre nel sesquicloruro di ferro 28 di ferro equivalgono a 34,50 di sodio. Diffatti nell'azione del protocloruro di ferro con il carbonato sodico 28 di ferro sostituiscono e sono sostituiti da 23 di sodio e per questa mutua sostituzione formasi del carbonato di ferro e del cloruro di sodio, dovecchè nella reazione del sesquicloruro di ferro con lo stesso carbonato 28 parti di ferro sostituiscono e sono sostituite da 34,50 di sodio... Gli equivalenti dei corpi composti analoghi sono eguali alla somma di quelli dei componenti. L'e-

quivalente del protossido di ferro è $28+8=36$; quello del protossido d'argento è $108+8=116$; quello dell'acido azotico è $14+5\times8=54$; quello dell'acido solforico è $16+3\times8=40$... Quando i composti non sono analoghi allora il loro equivalente non è uguale alla somma degli equivalenti dei componenti. Così l'equivalente del sesquiossido d'aluminio o con altre parole la quantità di quest'ossido che equivale per esempio a 36 di protossido di ferro non è $13{,}75\times2+8\times3=51{,}50$, ma bensì $\frac{51{,}50}{3}=17{,}16$. L'equivalente dell'acido fosforico ossia la quantità di quest'acido che equivale per esempio a 54 d'acido azotico non è $31+8\times5=71$ ma bensì $\frac{71}{3}=23{,}33$. Inoltre la quantità che rappresenta l'equivalente di un corpo composto varia secondochè funziona come base o come acido. L'equivalente del sesquiossido d'aluminio è 17,16 quando funziona come base, ed è 51,50 quando funziona come acido. Diffatti la gahnite od aluminato di zinco consta di 51,50 di alumina e di un equivalente (40,50) di protossido di zinco.

Se, nella combinazione degli acidi colle basi si conosce il rapporto con cui un solo acido si combina colle differenti basi, si conosce pure il rapporto con cui gli altri acidi si combinano colle stesse basi purchè sia noto il loro equivalente, o con altre parole purchè siasi determinato il rapporto con cui si uniscono con una sola base. Così 40 parti d'acido solforico si combinano con 40,50 di protossido di zinco, con 31 di soda, con 47 di potassa, con 17,16 d'alumina, con 20 di magnesia, con 28 di calce... 54 d'acido azotico equivalendo a 40 d'acido solforico si combinano quindi colle stesse quantità delle mentovate basi. Lo stesso dicasi dell'acido cloridrico il cui equivalente è 36,50; dell'acido carbonico il cui equivalente è 22, dell'acido solforoso il cui equivalente è 32, e degli altri acidi. Medesimamente quando si conosce il rapporto con cui una sola base si combina coi diversi acidi si conosce pure il rapporto con cui le altre basi si combinano cogli stessi acidi... 20 di magnesia si combinano con 40 d'acido solforico, con 54 d'acido azotico, con 60 d'acido ace-

tico, con 128 d'acido idroiodico... 36 di protossido di ferro equivalendo a 20 di magnesia si combinano per conseguenza colle medesime quantità delle indicate basi. In queste relazioni si suppongono gli ossiacidi allo stato anidro. Ciò posto nella mutua decomposizione di due sali neutri formansi due altri sali anche neutri, perchè le quantità delle basi che neutralizzano un peso dato d'un acido, sono anche neutralizzate da un certo peso di un altro acido, o più rigorosamente perchè i metalli che mutuamente si sostituiscono sono in quantità chimicamente equivalenti. Versando del nitrato di calce in una soluzione di solfato di potassa, si forma del solfato di calce e del nitrato di potassa neutri, se tali erano i sali adoperati, perchè la quantità di calcio che il nitrato abbandona, equivale alla quantità di potassio che riceve dal solfato, e la quantità di potassio abbandonato dal solfato equivale a quella del calcio che gli viene ceduta dal nitrato.

Le quantità tra cui hanno luogo le chimiche combinazioni sono fisse e costanti non solo considerandole dal lato del peso, ma ancora, nei composti formati da elementi gassosi, sotto il rapporto del volume che occupano, purchè i gaz che si combinano si trovino in eguali condizioni di pressione e di temperatura; e quando il composto che risulta è anch'esso gassoso o volatile vi esiste un rapporto semplice tra la somma dei volumi dei gaz che entrano in combinazione ed il volume del composto; in generale il volume del gaz composto è precisamente doppio di quello dei gaz componenti che vi entra per un solo volume. Così un volume d'ossigeno combinandosi con due volumi di idrogeno genera due volumi di vapore acqueo; un volume d'ossigeno combinandosi con due volumi di azoto genera due volumi di protossido d'azoto; un volume d'azoto combinandosi con tre volumi di idrogeno genera due volumi di gaz ammoniacale; un volume di vapore di solfo (la cui densità sia stata determinata ad una temperie superiore ad 800) si combina con tre volumi d'ossigeno e genera due volumi di anidride solforica; un volume di idrogeno si combina con un volume di cloro e produce due volumi d'acido cloridrico... Nei due primi esempi i gaz nel

combinarsi si sono condensati di un terzo; nei due esempi successivi si sono condensati della metà; nell'ultimo esempio non si sono condensati, dimodochè il volume del gaz composto è uguale alla somma di quelli dei gaz componenti.

La densità dei gaz composti dipende dalla densità dei gaz semplici che contengono e dal grado di condensazione che questi provano nel combinarsi, perchè il volume del gaz prodotto dalla combinazione di due o più gaz è quasi sempre eguale o minore della somma dei volumi delle parti costituenti. Diffatti moltiplicando la densità di ciascun componente gassoso per il numero dei loro volumi, e sommando insieme i prodotti, si ottiene un peso il quale diviso per il numero dei volumi che occupa il composto, dà il peso relativo sotto l'unità di volume, ossia la densità. Così il gaz ammoniacale contiene un volume d'azoto e tre volumi di idrogeno condensati in due volumi. Per dedurne la densità non si ha che aggiungere alla densità dell'azoto 0,972 tre volte la densità dell'idrogeno $0{,}0691 \times 3 = 0{,}2073$ e da dividere la somma 1,1793 per 2, il quoziente 0,5899 esprime la densità del gaz ammoniacale. Coll'esperienza si ottenne il numero 0,595 che differisce pochissimo dal precedente. Medesimamente se si conosce la densità di un gaz composto e quelle dei componenti, se ne può calcolare il volume equivalente moltiplicando i volumi dei gaz semplici per le rispettive densità; e dividendo la somma dei prodotti per la densità del composto. Il protossido d'azoto è formato da un volume di gaz ossigeno e due volumi di gaz azoto: la sua densità è 1,520, quella dell'ossigeno è 1,105. Per calcolare il volume equivalente non si ha che aggiungere alla densità dell'ossigeno 1,105 due volte la densità dell'azoto $0{,}977 \times 2$ è di dividere la somma per 1,520, il quoziente 2 esprime il volume che si cerca.

Si conosce la composizione di una combinazione quando si sa la sua densità, ed inoltre la densità ed il volume di una delle parti costituenti. In un volume d'acido solfidrico vi è un volume di gaz idrogeno. La densità ossia il peso di un volume d'acido solfidrico è 1,177, da cui dedotto 0,069

peso di un vol. d'idrogeno si ha 1,105 il quale numero esprime la quantità di solfo. Si conosce il rapporto dei volumi nel quale sono combinate le parti costituenti di un corpo, quando è conosciuta la densità e la composizione della loro combinazione. La densità del vapore del cloruro mercurico è 9,8; cento parti di questo cloruro contengono 26,12 di cloro e 73,88 di mercurio. Volendo conoscere il rapporto dei volumi delle parti costituenti si cerca quanto di cloro e di mercurio vi è in 9,8 di cloruro mercurico. Se 100 di cloruro mercurico contengono 26,12 di cloro 9,42 ne contengono $\frac{26,12 \times 9,42}{100} = 2,46$. Se 100 di cloruro contengono 73,88 di mercurio 9,42 ne contengono $x = 6,96$. I quali numeri 2,46 e 6,96 corrispondono il primo ad un volume di cloro, ed il secondo ad un volume di mercurio, giacchè la densità del cloro è 2,44 e quella del mercurio 6,98. Dunque un volume di cloruro mercurico contiene un volume di mercurio ed un volume di cloro condensati in un solo volume.

Le esposte leggi degli equivalenti chimici sono l'espressione dei fatti: esse sono indipendenti da qualunque teoria. Ma siccome ogni effetto ha la sua causa ed ogni causa ha la sua ragione così la scienza non debbe contentarsi di stabilire la verità delle proporzioni chimiche, deve ancora indagare quali sieno le cagioni delle leggi di queste proporzioni. L'ipotesi che Leucippo e Democrito hanno pei primi stabilito sopra la costituzione dei corpi, e che fu poi seguita da Dalton e dai chimici i più distinti, si accorda in un modo così perfetto coi fenomeni presentati dalle combinazioni e scomposizioni dei corpi, si fonda sopra un numero tanto grande d'analogie, che si debbe adottare, come l'esatta espressione delle leggi delle proporzioni chimiche (Liebig). Le leggi degli equivalenti chimici sono la conseguenza necessaria della struttura atomica della materia e somministrano un nuovo e valido argomento in favore dell'esistenza degli atomi (Piria). La logica dei fatti ha oggimai indotto tutti i scienziati ad adottare la teoria atomica; essendochè senza di essa non si possono spiegare i fenomeni chimici e fisici. La teoria atomica è dunque una verità necessaria.

Il peso assoluto degli atomi non si può determinare per mezzo della bilancia. Per stabilirne il peso relativo, i chimici si appoggiano ai rapporti con cui i corpi si combinano tra loro, alla densità che offrono allo stato gassoso, al calorico specifico e ad altre considerazioni.

Il peso atomico dell'idrogeno siccome il più leggiero di tutti fu dalla più parte dei chimici scelto per termine di confronto e fatto $= 1$. L'*atomo* è la più piccola quantità di un elemento che possa esistere in un corpo composto come massa indivisibile dalle forze chimiche (Wurtz). Un corpo elementare non può quindi entrare o sortire da un composto in una quantità che sia inferiore a quella del suo peso atomico. Si può per conseguenza determinare il peso atomico di un corpo elementare tenendo esattamente conto delle quantità nelle quali esce od entra nei diversi composti. Avendo i chimici riconosciuto che la quantità di ossigeno che sortiva da un corpo organico era costantemente 16 od un moltiplo di 16, che quella dell'azoto era 14 od un moltiplo di 14, che quella del carbonio era 12 od un moltiplo di 12, che quella del solfo era 32 od un moltiplo di 32, essendo quella dell'idrogeno uno od un moltiplo di uno ne hanno meritamente inferito che le quantità relative 16, 14, 12, 32, 1 erano le più piccole fra quelle che corpi ossigeno, azoto, carbonio, solfo, idrogeno, entrano nelle varie combinazioni. Queste quantità esprimono dunque l'ultimo grado di divisione della materia che informa i ridetti corpi, e per conseguenza il loro peso atomico relativo. Agli stessi risultati si giunge quando per istabilire il peso atomico di questi corpi elementari si parte da altre considerazioni.

Le chimiche reazioni hanno costantemente luogo tra un dato numero d'atomi di una specie ed un dato numero d'atomi di un'altra o di altre specie. Quando il rapporto con cui un corpo si combina cogli altri è nei diversi composti ::1:1; ::1;2; ::1:3; ::1:4; ::1:5; si ammette che in tutte queste combinazioni uno o due atomi di un corpo si trovano combinati con 1, 2, 3, 4, 5 atomi dell'altro: quando questo rapporto è come 1 : 1; come 1 : 1 $^1/_2$; come 1 : 3 al-

lora si ammette che il primo composto contenga un numero eguale d'atomi dei due componenti, che nel secondo composto gli atomi di un componente stiano a quelli dell'altro come 2 : 3, e nel terzo composto come 1 : 3, semprechè però una tale supposizione si trovi d'accordo cogli altri mezzi di stabilire il numero relativo d'atomi dei rispettivi componenti. Una parte in peso di idrogeno si combina con otto parti di ossigeno per produrre l'acqua, e con sedici per formare l'acqua ossigenata. Il volume occupato da una parte di idrogeno, a parità di condizioni, è doppio di quello che occupano otto parti di ossigeno perchè la densità del secondo gaz è sedici volte più grande di quella del primo. Le proprietà di questi due gaz, e soprattutto l'avere a parità di volume lo stesso calorico specifico, tendono a far ammettere che volumi eguali di questi gaz contengono non solo un eguale numero di molecole, ma anche un eguale numero di atomi. Ciò posto l'acqua si compone di due atomi di idrogeno e di uno d'ossigeno, ed il peso atomico dell'ossigeno è 16 volte più grande di quello dell'idrogeno.

Una parte in peso di idrogeno si combina con 35, 5 parti in peso di cloro per formare 36, 50 d'acido cloridrico. Le qualità dell'acido cloridrico, l'effettuarsi la combinazione tra un volume di gaz idrogeno ed un volume di gaz cloro dimostrano che la molecola chimica dell'acido cloridrico debbe contenere un eguale numero d'atomi di cloro e di idrogeno. Risulta quindi che se il peso atomico dell'idrogeno è uno, quello del cloro è 35, 50. Il bromo, il iodo ed il fluorio si combinano in una sola proporzione coll'idrogeno, con cui formano un idracido dotato di proprietà analoghe a quelle dell'acido cloridrico. Gli acidi bromidrico, iodidrico e fluoridrico debbono quindi avere una costituzione simile a quella dell'acido cloridrico, debbono cioè contenere un numero eguale d'atomi d'idrogeno e di bromo, di idrogeno e di iodo... La composizione centesimale dei mentovati composti essendo nota, ed essendo noto il peso atomico dell'idrogeno, si hanno per conseguenza i tre dati necessari per calcolare il peso atomico dell'altro componente, si ha cioè: 1° un composto AB di cui

è ben nota la composizione; 2° si conosce il peso atomico del corpo B; 3° si sa il numero relativo degli atomi di A e di B che entrano nel composto AB. Cento parti d'acido bromidrico contengono 98 72 di bromo e 1, 23 d'idrogeno. Per trovare il peso atomico del bromo non si ha che risolvere la seguente proporzione 1, 23 : 98, 72 : : 1 : x; d'onde x=80. Procedendo in simile modo si è trovato che il peso atomico del iodo è 127; quello del fluorio 19.

Il solfo, il selenio ed il tellurio offrono una grande analogia chimica coll'ossigeno. I solfuri seleniuri e tellururi di idrogeno debbono quindi avere una costituzione analoga all'acqua, debbono cioè essere composti di due atomi d'idrogeno e di un atomo di solfo, o di selenio o di tellurio. Cento di solfuro d' idrogeno ossia d' acido solfidrico contengono 5, 8823 d'idrogeno e 94, 1177 di solfo. Per dedurre il peso atomico del solfo non si ha che risolvere la seguente proporzione 5, 8823 : 94, 1177 : : 2 : x = 32. Procedendo in simile modo per il seleniuro ed il tellururo d'idrogeno si trova che il peso atomico del selenio è 79, 50, quello del tellurio 129. Allo stesso risultato si giunge partendo dalle combinazioni che i mentovati elementi producono coll'ossigeno e cogli altri corpi.

L'azoto forma con l'ossigeno cinque composti nei quali la stessa quantità d' azoto si trova combinata con quantità di ossigeno esattamente moltiple, per esempio sette parti in peso d'azoto si trovano combinate con 4 d'ossigeno nel protossido, con 8 nel biossido, con 12 nell'anidride azotosa, con 16 nell'ipoazotide e con 20 nell'anidride azotica. Le analogie fisiche che il gaz azoto presenta con i gaz ossigeno ed idrogeno hanno indotto ad ammettere che volumi eguali di questi tre gaz contengano un eguale numero d'atomi, e che nei cinque composti ossigenati di azoto, due atomi di azoto sieno combinati con 1, 2, 3, 4, 5 atomi di ossigeno. Dietro queste considerazioni si è assegnato all'azoto il peso atomico 14. Il fosforo, l'arsenico e l'antimonio offrono una grande analogia chimica coll' azoto; la costituzione dei loro composti debbe quindi essere simile a quella dei composti corrispondenti

d'azoto. Nel gaz ammoniacale gli atomi d' azoto stanno a quelli d'idrogeno come 1 : 3; nei gaz idrogeno fosforato, idrogeno arsenicale, idrogeno antimoniale, gli atomi d'idrogeno debbono offrire lo stesso rapporto con quelli dell'altro componente. L' anidride azotica contiene due atomi d' azoto e cinque d'ossigeno, le anidridi fosforica, arsenicica, antimonica debbono anche contenere due atomi di radicale e cinque atomi d'ossigeno. Dalla composizione centesimale di questi o di altri composti si possono quindi dedurre i pesi atomici del fosforo, dell' arsenico e dell' antimonio. Cento d'anidride fosforica contengono 56, 34 di ossigeno e 43, 66 di fosforo. Per trovare il peso atomico del fosforo non si ha che risolvere la proporzione seguente 56, 34 : 43, 66 : : 80, peso di cinque atomi d' ossigeno : x peso di due atomi di fosforo; d'onde $x = 62$; il quale numero diviso per due dà per quoziente 31 che è il peso atomico del fosforo. Così procedendo si trova che il peso atomico dell'arsenico è 75, e quello dell'antimonio 122.

Il cromo forma con l' ossigeno tre ossidi ben distinti nei quali la stessa quantità di cromo si trova combinata con uno, uno e mezzo, e tre di ossigeno. Si è ammesso, d' accordo con altre considerazioni, che il primo ossido di cromo (protossido) fosse composto di un atomo di cromo e di un atomo di ossigeno, che il secondo ossido (sesquiossido) contenesse due atomi di cromo e tre d'ossigeno, ed il terzo ossido (acido cromico) fosse formato di un atomo di cromo e di tre d'ossigeno. Dalla composizione centesimale degli ossidi di cromo come pure da quella dei cloruri se ne è dedotto il peso atomico 53, 5. Lo stagno forma con l'ossigeno due ossidi in cui la stessa quantità di metallo si trova combinata con uno, o due di ossigeno. Si è ammesso che il primo ossido fosse formato di un atomo di stagno e di uno di ossigeno, ed il secondo di un atomo di stagno e di due d'ossigeno, e si è attribuito a questo metallo il peso atomico 118. Parecchi composti di silicio offrono delle analogie coi corrispondenti composti di stagno e di titanio: si è perciò ammesso che i primi contengono lo stesso numero d'atomi dei secondi, e che il peso atomico del silicio sia 28.

Si ammette da molti chimici che volumi eguali di gaz, a parità di pressione e di temperatura, contengano un eguale numero di molecole chimiche il cui peso sarebbe per conseguenza proporzionale alla densità del corpo gassoso. Si è supposto che la molecola chimica dei corpi gassosi occupi due volumi e che il suo peso sia eguale a due volte la loro densità paragonata a quella dell'idrogeno presa eguale a 2. Le molecole chimiche possono contenere uno o più atomi dello stesso elemento. Esaminando le quantità di un elemento contenute nella molecola di diversi corpi gassosi si è trovato che desse sono moltiple di una certa quantità che è il peso atomico dell'elemento che si considera. Fatta astrazione dalle piccole frazioni le doppie densità del vapore acqueo, dell'ossido di carbonio, dell'anidride carbonica, del vapore dell'anidride solforica... paragonate a quella dell'idrogeno sono espresse dai numeri intieri 18, 28, 44, 80. Ebbene l'esperienza ha dimostrato che 18 parti in peso d'acqua contengono 16 parti di ossigeno, che 28 parti di ossido di carbonio contengono anche 16 parti di ossigeno, che 44 di anidride carbonica contengono 32 di ossigeno, e che su 80 di anidride solforica si trovano 48 di ossigeno: e siccome finqui non si sono trovate molecole di composti ossigenati che contengano una quantità di ossigeno minore di 16 si è ammesso che 16 fosse il peso atomico di questo elemento. Medesimamente i pesi molecolari ossia le doppie densità dei gaz acetene, etilene, propilene, amilene... sono 16, 28, 42, 70, e le quantità di carbonio contenute in questi pesi sono 12, 24, 36, 60. Si è quindi assegnato al carbonio il peso atomico 12. Se non che volumi eguali di corpi gassosi, contengono un eguale numero di molecole chimiche solamente quando le loro molecole fisiche risultano di un eguale numero di molecole chimiche, negli altri casi, come vedremo in seguito, ne contengono un numero diverso, ed il metodo in discorso non è quindi applicabile a tutti i corpi aeriformi.

Un buon metodo per istabilire il numero relativo d'atomi contenuto nei corpi ci è fornito dal calorico specifico. Paragonando le quantità ponderabili tra cui si effettuano le chi-

miche trasformazioni ed i calorici specifici, si è trovato che esisteva una certa relazione tra le prime ed i secondi, e si è ammesso che i calorici specifici sono in ragione inversa dei pesi atomici e quindi in ragione diretta del loro numero. Chiamasi *calorico specifico* la quantità diversa di calore che pesi eguali dei differenti corpi assorbono o sviluppano per elevare od abbassare di un grado la loro temperatura. Prendesi per unità di calore specifico quello dell'acqua, poichè si è convenuto di assumere per *unità di calore* o *caloria* quella quantità di calore che si richiede per innalzare di un grado o più rigorosamente da 0 ad 1° la temperatura di un chilogrammo di acqua, perchè il calorico specifico cresce alquanto col crescere della temperatura.

Alcuni fisici fra i quali Favre prendono per unità di peso il grammo. Tre sono i metodi più conosciuti per determinare il calorico specifico dei corpi solidi e liquidi:

1° Quello del calorimetro di Lavoisier e Laplace fondato sulla quantità di ghiaccio che un corpo fonde nel passare da una certa temperatura a quella del ghiaccio. Se si conosce il peso P del ghiaccio che è fuso da una massa m di un corpo alla temperatura t di cui è x il calorico specifico, tutto il calore che perde da t a zero e che è uguale a mtx sarà rappresentato da 80P per cui $x = \frac{80P}{mt}$. In cui 80 è il calorico latente del ghiaccio.

2° Quello delle mescolanze fondato sul rapporto tra il grado di abbassamento e di elevazione di temperatura di due corpi differentemente scaldati quando vengono mescolati insieme. In questo caso è naturale che quanto calore perde il corpo più caldo altrettanto ne acquista il più freddo. Quindi se i loro pesi sono eguali, il numero dei gradi di cui si raffredda il corpo più caldo starà al numero dei gradi di cui l'altro si riscalda, come il calorico specifico di questo sta al calorico specifico di quello. Mescolando insieme pesi eguali d'acqua e di mercurio si osserva che l'abbassamento di un grado della temperatura della prima eleva di trenta gradi la temperatura del secondo e reciprocamente si deduce quindi

che il calorico specifico del mercurio è un trentesimo di quello dell'acqua. Non occorre di dichiarare non essere necessario che i pesi dei due corpi mescolati siano eguali.

3° Quello del raffreddamento fondato sul tempo che i diversi corpi impiegano per raffreddarsi di un dato grado. Un corpo più caldo che l'ambiente, in cui si trova, si raffredda, ed il tempo del raffreddamento dipende soprattutto dalla differenza di temperatura tra il corpo e l'ambiente, dalla natura della superficie del corpo, e dal suo calorico specifico. Si ammette che i corpi, a parità di condizioni, impieghino per raffreddarsi dello stesso numero di gradi un tempo tanto maggiore quanto più grande è il loro calorico specifico.

Il calorico specifico dei gaz si determina facendo passare un dato peso di gaz scaldato ad una certa temperatura in un serpentino circondato d'acqua o di altro liquido, ed osservando di quanto si abbassi la sua temperatura e si elevi quella del liquido e del serpentino. Il calorico specifico di un corpo è più grande quando il corpo può variare di volume che quando gli si impedisce una tale variazione. Nei gaz si distingue il calorico specifico a volume costante, ed il calorico specifico a pressione costante: il primo è più piccolo del secondo di una quantità eguale al calorico richiesto per produrre la variazione di volume, essendochè il calorico specifico, quando la pressione è costante, si compone di calorico sensibile e di calorico latente, e quando si mantiene costante il volume, consiste soltanto di calorico sensibile.

La causa del calorico risiede nell'area che gli atomi coi loro moti descrivono intorno ai centri delle molecole che formano i corpi. Quando si scalda un corpo per mezzo del fuoco si aggiunge ad esso dell'etere cioè della forza, lo stesso corpo quando si raffredda perde dell'etere. La forza eterea aggiunta ad un corpo si divide uniformemente fra tutti i suoi atomi e li spinge ad allontanarsi ed a muoversi con maggiore grado di velocità. L'espressione fisica scaldare o raffreddare di un dato grado la temperatura di un corpo equivale all'espressione meccanica accrescere o diminuire di un dato grado la

velocità dei suoi atomi. Se, a parità di allontanamento degli atomi, la durata degli impulsi che la stessa quantità di forza eterea produce nei diversi atomi fosse proporzionale alla grossezza degli atomi, oppure se, a parità di durata degli impulsi, il grado di allontanamento fosse in ragione inversa della grandezza degli atomi, ne conseguirebbe che la stessa quantità di etere farebbe crescere dello stesso grado la velocità dei diversi atomi, o con fisici termini gli atomi avrebbero tutti lo stesso calorico specifico, giacchè nel primo caso la maggior resistenza che oppongono gli atomi più grossi ad accrescere la loro velocità, sarebbe compensata dalla maggiore durata degli impulsi, e nel secondo caso dalla minor dilatazione interna. Laonde chiamando P e P′ i pesi atomici di due corpi, C e C′ il loro calorico specifico a peso costante si avrebbe $CP = C'P'$. Il prodotto CP diviso per il peso atomico di ciascun corpo darebbe il calorico specifico, diviso per il calorico specifico darebbe il peso atomico. Se non chè le discorse proporzionalità e relazioni possono o no avere luogo, ed i calorici atomici essère o non essere tra loro eguali. Il solo calorico specifico non può quindi servire a determinare in un modo rigoroso il peso relativo dei diversi atomi: esso può solo servire a verificare nei composti il rapporto numerico degli atomi i cui calorici specifici si allontanano poco dalla suddetta legge. D'accordo colle altre qualità si è riconosciuto che gli atomi dei metalli come pure quelli della più parte dei metalloidi avevano calorici specifici poco diversi, e che il prodotto del peso atomico di ciascuno di questi corpi per il loro rispettivo calorico specifico era in media 6, 4. Ciò posto fra i diversi rapporti numerici degli atomi si adotta quello che, d'accordo colla composizione del corpo dà un peso atomico, il quale moltiplicato per il calorico specifico fornisce per prodotto un numero non molto diverso da 6, 4. Così per es. cento parti di cloruro di sodio contengono 60, 6 di cloro e 39, 4 di sodio. Se si ammette che sia composto di un numero eguale d'atomi di sodio e di cloro, il peso atomico del sodio è 23, il quale numero moltiplicato per 0, 2934 calorico specifico dello stesso sodio

dà per prodotto 6, 748, numero che si allontana poco da 6, 4. Se si ammettesse che nel cloruro sodico il rapporto tra gli atomi del cloro e quelli del sodio fosse come 2 : 1, oppure come 1 : 2... allora il peso atomico del sodio sarebbe nel primo caso 11, 50 e nel secondo 46, i quali numeri moltiplicati per 0, 2934 darebbero per prodotto 3, 374 o 13, 496... numeri che differiscono assai da 6, 4. Convengono quindi i chimici nell'ammettere che nel cloruro di sodio il numero degli atomi del cloro stia al numero degli atomi del sodio come 1 : 1, e che il peso atomico del sodio è 23. Si giunge ad un simile risultato deducendo il peso atomico del sodio da altri suoi composti. Cento parti di ossido ferrico contengono 70 parti di ferro e 30 parti di ossigeno; se si suppone che in quest'ossido il numero degli atomi di ferro stia a quello degli atomi d'ossigeno come 1 : 1, oppure come 1 : 2; ovvero come 1 : 3... il peso atomico del ferro non si accorda colla legge del calorico specifico detta anche legge di Dulong e Petit, ma se si ammette che nell'ossido ferrico il numero degli atomi del ferro stia a quello degli atomi d'ossigeno nel rapporto del 2 al 3, allora il peso atomico del ferro resta $=56$ e si accorda colla mentovata legge, perchè $56 \times 0,5138$ calorico specifico del ferro dà per prodotto 6, 115. Si procede nello stesso modo per stabilire il rapporto numerico degli atomi che formano gli altri composti, e per calcolare il peso atomico degli altri corpi elementari, semprechè i pesi atomici ottenuti prendendo per norma il calorico specifico, si accordino con quelli che si ottengono con altri metodi.

Il prodotto del peso atomico dei corpi elementari liquidi e solidi, tranne il carbonio, il silicio ed il boro, per il calorico specifico si allontana poco dalla legge di Dulong e Petit, ed oscilla tra 5, 78 e 6, 93, e le differenze possono essere attribuite ad errori di sperimentazione, oppure ad un diverso grado di dilatazione delle molecole, nell'ipotesi che la durata degli impulsi sia proporzionale alla grossezza degli atomi, ovvero al non variare la dilatazione molecolare in ragione inversa della grossezza degli atomi, nell'altra ipotesi. Io adotto

la prima ipotesi e spiego la causa per cui i calorici atomici dei tre corpi, carbonio, silicio e boro, sono assai più piccoli di quelli degli altri atomi, ammettendo che le molecole di questi corpi sieno solide e si dilatino molto meno di quelle degli altri corpi, dimodochè la forza eterea sarebbe quasi intieramente impiegata ad accrescere la velocità. Quest'opinione è d'accordo col fatto che i corpi in discorso, e segnatamente il carbonio, si combinano con gli altri corpi sia in atomi isolati, sia in masse atomiche composte di un certo numero di atomi insieme solidificati. Le molecole chimiche dell'acido grafitico che Brodie ha ottenuto trattando la grafite con dell'acido nitrico e del clorato di potassa non che quelle della più parte dei corpi organici contengono più atomi di carbonio solidificati in masse atomiche. Quando si combinano in atomi liberi e formano delle molecole ad atomi sciolti, allora il loro calorico atomico è uguale a quello degli altri atomi, perchè in questo caso è stata tolta la causa che lo rendeva più piccolo. Le analogie che il cloruro di silicio presenta coi cloruri di stagno e di titanio, non che altre considerazioni hanno condotto i chimici ad ammettere che desso fosse composto di un atomo di silicio e di quattro atomi di cloro, e ad assegnare al silicio il peso atomico 28. Ebbene moltiplicando il calorico specifico (0, 1907) del cloruro di silicio per il peso molecolare (170) si ha per prodotto 32, 4, il quale numero diviso per cinque (perchè ciascuna molecola di cloruro contiene cinque atomi) dà per quoziente 6, 4: mentre il calorico atomico del silicio libero è in media 4, 928. Allorchè si paragona i calorici molecolari ossia il prodotto del calorico specifico C per il peso molecolare M di un grande numero di composti, silicati, carbonati, borati..., si riconosce che essi sono sensibilmente eguali a $n \times 6,4$, in cui n esprime il numero degli atomi che formano la molecola. Nei composti in cui gli atomi hanno il calorico specifico che avevano allo stato elementare si ha $\frac{MC}{n} = 6,4$ circa. I calorici atomici del silicio, carbonio, boro come pure quelli del cloro, ossigeno, azoto... rientrano nella legge generale se vengono

dedotti da alcuni suoi composti. Kopp ha dedotto i calorici atomici dell'azoto e del cloro da diverse combinazioni e trovò che differivano poco da 6, 4. Intanto siccome la formazione dei corpi composti è in generale accompagnata da sviluppo di calorico e quindi da condensazione della materia così il calorico atomico debbe essere nella massima parte dei composti alquanto più piccolo che nei corpi elementari. Si è diffatti riconosciuto che negli ossidi $\frac{MC}{n}$ è costantemente più piccolo di 6. Anche nei solfuri, nei seleniuri ed in tanti altri composti $\frac{MC}{n}$ è generalmente < 6.

Risulta quindi che nello studio comparativo del calorico specifico dei corpi elementari e dei corpi composti, si ha un ottimo mezzo per istabilire il numero relativo degli atomi contenuto in un dato peso di materia, essendochè il calorico atomico, tranne pochi casi non si allontana molto da 6, 4. Il calorico atomico fa eccezione a questa regola quando gli atomi sono nelle molecole allo stato solido, e quando i corpi presentano lo stato aeriforme. In quest'ultimo caso si è riconosciuto che il calorico atomico è molto più piccolo (3 circa), locchè debbe dipendere dall' essere le molecole fisiche dei corpi gassosi molto più piccole di quelle dei corpi solidi e liquidi, per cui le molecole chimiche periferiche, a parità di aumento di velocità ossia di curva, descrivono un' area minore, stante la minore lunghezza del raggio vettore.

Atomi dotati di qualità simili combinandosi nello stesso numero e disponendosi nello stesso modo, producono molecole e quindi corpi che cristallizzano nella stessa forma: quando ciò avviene i corpi diconsi isomorfi. Un composto isomorfo con uno o più altri, contiene quindi lo stesso numero di atomi delle parti costituenti. L'alumina è isomorfa coi sesquiossidi di ferro, di cromo, essa contiene quindi come questi due ossidi, tre atomi di ossigeno e due atomi di metallo (aluminio). I fosfati sono isomorfi cogli arseniati e cogli antimoniati corrispondenti, essi contengono quindi lo stesso numero d'atomi di ossigeno, di radicale, e di metallo,

e le anidridi fosforica, arsenicica ed antimonica sono tutte tre composte di cinque atomi di ossigeno e di due atomi di radicale, fosforo, arsenico od antimonio. Se non che corpi formati dello stesso numero d'atomi offrono forme diverse se gli atomi sono distribuiti in modo diverso, e corpi forniti di un numero diverso di atomi possono presentare le stesse forme. La somiglianza di forma non serve quindi a stabilire il numero relativo d'atomi e quindi il peso atomico, che quando un tale criterio trovasi d'accordo cogli altri.

Il peso atomico di un corpo non è dunque con certezza determinato che quando il numero che si ottiene con un metodo concorda con quelli che si ottengono con gli altri. Per peso atomico dell'antimonio si ottiene un numero sensibilmente eguale a 122, sia che si parta dalla doppia densità del vapore del cloruro d'antimonio, ammettendo d'accordo colla teoria dei volumi che sia composto di tre volumi di gaz cloro e di un volume di vapore d'antimonio condensati in due volumi, sia che si parta dalla legge del calorico specifico, o dai rapporti con cui l'antimonio si combina con gli altri elementi, oppure dalla legge dell'isomorfismo. Il peso atomico dell'antimonio è dunque con certezza determinato. Lo stesso si può dire, tranne un piccolo numero, degli altri elementi. Il peso atomico del boro fu dedotto dal cloruro. Cento parti di cloruro di boro contengono 9, 28 di boro e 90, 72 di cloro. Due volumi di questo corpo gassoso, la cui densità, paragonata all'aria è 4, 035, contengono tre volumi di cloro $3 \times 2,44 = 7,32$ e 0, 75 di boro. Si è ammesso, d'accordo colla teoria dei volumi, che 0, 75 di boro esprimano un volume ossia un atomo di boro. Il peso atomico del boro sarebbe quindi $= \frac{0,75 \times 106,50}{77,32} = 10,91$. Ma questo peso atomico non è confermato nè dalla legge di Dulong e Petit, nè dalla legge dell'isomorfismo, nè da altre considerazioni. Esso sarebbe solo appoggiato dal fatto che l'acido borico forma combinandosi col cremortartaro un composto analogo al tartaro emetico. Nella tavola seguente si trovano i pesi atomici dei corpi elementari solidi e liquidi i più im-

portanti determinati, partendo dall' accordo di più considerazioni, i simboli con cui si sogliono rappresentare stati desunti dalle lettere iniziali del nome latino che ne indica l'elemento, i calorici specifici a peso costante, non che i calorici atomici, ossia il prodotto dei calorici specifici pei pesi atomici:

Nome dei corpi	Simboli	Pesi atomici	Calorici specifici	Cal. atomici
Iodo	I	127	0,05414	6,873
Bromo	Br	80	0,08432	6,746
Solfo	S	32	0,2026	6,483
Selenio	Se	79,5	0,0762	6,058
Tellurio	Te	129	0,0474	6,115
Fosforo	Ph	31	0,1887	5,850
Arsenico	As	75	0,0814	6,095
Antimonio . . .	Sb	122	0,05027	6,118
Bismuto	Bi	210	0,0308	6,468
Carbonio grafite	C	12	0,200	2,400
C. Diamante . .	C	12	0,147	1,764
Boro	B	11	0,250	2,750
Silicio	Si	28	0,176	4,928
Potassio	K	39,1	0,1965	6,500
Sodio	Na	23	0,2934	6,748
Litio	L	7	0,9408	6,586
Tallio	Th	204	0,03355	6,844
Magnesio . . .	Mg	24	0,2499	5,998
Aluminio	Al	27	0,2143	5,786
Manganese . . .	Mn	55	0,1217	6,693
Ferro	Fe	56	0,5438	6,115
Zinco	Zn	65,2	0,09555	6,230
Cadmio	Cd	112	0,05669	6,349
Cobalto	Co	59	0,1068	6,301
Nichelio	Ni	59	0,1089	6,424
Tunsteno	W	184	0,0334	6,146
Molibdeno . . .	Mo	96	0,0722	6,931
Piombo	Pb	207	0,0314	6,450
Rame	Cu	63,5	0,09515	6,042
Stagno	Sn	118	0,05623	6,635
Mercurio	Hg	200	0,03247	6,494
Argento	Ag	108	0,05701	6,157
Oro	Au	197	0,0324	6,383
Platino	Pt	197,5	0,03295	6,487
Palladio	Pd	106,5	0,0593	6,315
Iridio	Ir	198	0,03259	6,453
Osmio	Os	199,2	0,03063	6,101
Rodio	Ro	104,4	0,05803	6,058.

I pesi atomici degli elementi gassosi idrogeno 1, azoto 14, ossigeno 16, fluorio 19, cloro 35, 50 non si accordano colla legge di Dulong e Petit quando il loro calorico specifico viene determinato mentre si trovano allo stato di libertà. Il chimico Stas fece in questi ultimi tempi delle ricerche sui pesi atomici ed ha trovato che quelli dell'idrogeno, azoto, cloro, iodo, argento, potassio, sodio..., supposto eguale a 16 quello dell'ossigeno, erano 1,025; 14,045; 35,457; 126,850; 107,980; 39,137; 23,043, numeri che differiscono pochissimo da quelli della tavola. I pesi degli atomi, a parità di condizioni, sono proporzionali alla quantità di materia da cui sono formati. Se quando i corpi perdono del calorico perdono anche dell'etere ossia della materia, e quando fissano del calorico fissano anche dell'etere, allora i pesi atomici dello stesso elemento variano alquanto nei diversi composti a seconda della quantità d'etere che i suoi atomi hanno perduto o fissato nell'accordarsi cogli altri. Quest'idea è confermata dalle rigorose ed esatte ricerche del chimico Stas, il quale ha trovato che il peso atomico dello stesso elemento varia alquanto a seconda del composto da cui si parte per determinarlo. Trovò per esempio che il peso atomico dell'argento è in media: per la sintesi del solfuro e l'analisi del solfato 107, 920; per la sintesi del bromuro e l'analisi del bromato 107, 921; per la sintesi del ioduro e l'analisi del iodato 107, 928; per la sintesi del cloruro e l'analisi del clorato 107, 937.

Negli atomi, oltre il peso ossia la quantità di materia, si debbe distinguere la forma ed il volume. A parità di uno di questi tre fattori, gli atomi possono differire per gli altri due: a parità di peso possono per esempio differire in quanto alla forma ed al volume. Così gli atomi di nichelio differiscono da quelli di cobalto non per il peso che è lo stesso ma per la forma ed il volume oppure soltanto per la forma. Lo stesso corpo elementare si presenta con forme assai diverse, non si può quindi dalle sue forme visibili argomentare circa le forme invisibili dei suoi atomi. Ad analogia di proprietà risponde analogia di moto e quindi di forma. Ciò

posto i corpi elementari che hanno proprietà chimiche simili debbono avere forme atomiche simili e reciprocamente.

Il cloro ha proprietà chimiche simili a quelle del bromo, iodo e fluorio e diverse da quelle dell' ossigeno, le forme degli atomi del cloro debbono essere analoghe a quelle del bromo, iodo e fluorio e diverse da quelle dell'ossigeno. Le qualità chimiche dell' ossigeno sono analoghe a quelle del solfo, selenio e tellurio e diverse da quelle del fosforo, le quali a loro turno sono analoghe a quelle dell'azoto, arsenico, antimonio e diverse da quelle del carbonio, le quali sono analoghe con quelle del silicio e diverse da quelle del potassio e dei metalli... Le forme atomiche dell' ossigeno debbono quindi essere simili a quelle del solfo, selenio, tellurio e diverse da quelle del fosforo...

Il numero atomico esprimendo il peso dell'atomo, la densità la relativa quantità di materia ponderabile che i corpi contengono sotto lo stesso volume, intendesi perciò come si possa stabilire il volume medio relativo occupato dagli atomi dividendo il peso atomico per la densità. Così dividendo 197,5 peso atomico del platino per 21,5 densità dello stesso metallo si ha per quoziente 9,1, il quale numero esprime il volume atomico del platino. Il volume atomico detto anche specifico varia nei differenti corpi. Così il volume del rame è 7,2; quello del ferro 7,6; quello dello zinco 9,3; quello del cloro, bromo, iodo è 14 circa... Il volume atomico che si ottiene con questo metodo si compone del volume proprio degli atomi e delle distanze che tra essi esistono: le distanze interatomiche sono quantità che variano al variare delle condizioni, ne emerge che il volume della stessa specie atomica è una quantità variabile: esso varia nei corpi di specie diverse non che in quelli della stessa specie a seconda delle condizioni e del posto che gli atomi occupano nelle molecole chimiche. Il volume degli atomi di ossigeno è maggiore nell'ossigeno normale che nell'ossigeno ozonico. Secondo il chimico Kopp gli atomi d'ossigeno hanno un volume diverso secondochè fanno o no parte dei radicali delle molecole or-

ganiche..... I volumi degli atomi sono, come i loro pesi, delle quantità immensamente piccole.

Le molecole chimiche sono esseri immensamente piccoli che risultano dall'individuazione di più atomi. Nelle molecole chimiche si debbe distinguere come negli atomi il peso, la forma, il volume ed i moti da cui sono animate. Come si è convenuto di rappresentare gli atomi con dei simboli, e come le molecole chimiche consistono di più atomi, così si è convenuto di esprimerle per mezzo di formole contenenti i simboli degli atomi da cui sono composte, accompagnati da cifre numeriche quando il numero degli atomi della medesima specie è più di uno, oppure ripetendo tante volte lo stesso simbolo quanti sono gli atomi della stessa natura. Così la formola HH oppure H^2 esprime una molecola composta di due atomi di idrogeno; la formola CS^2 o CSS indica una molecola composta di un atomo di carbonio e di due atomi di solfo. Il simbolo C esprimendo 12 di carbonio, il simbolo S 32 di solfo ne consegue che la formola CS^2 rappresenta 12 di C più 32×2 di $S = 76$, cioè settantasei di solfuro di carbonio. Il peso di una molecola chimica è dunque eguale alla somma dei pesi degli atomi da cui è composta. *Le formole chimiche diconsi brute o grezze* se esprimono soltanto la specie ed il numero degli atomi. Le formole grezze debbono soddisfare a due condizioni: trovarsi perfettamente d'accordo colla composizione centesimale; non contenere delle frazioni atomiche, perchè gli atomi sono indivisibili. Per mezzo dell'analisi e della sintesi si determina le specie atomiche, e nei corpi composti anche il rapporto tra gli atomi di una specie e quelli dell'altra o delle altre specie. Per conoscere questo rapporto non si hanno che dividere le quantità dei rispettivi componenti che entrano in 100 parti di composto per i loro pesi atomici: i quozienti che si ottengono esprimono il rapporto tra il numero degli atomi di una specie e quello degli atomi delle altre specie. Così per esempio cento parti d'anidride solforica contengono 40 di solfo, e 60 di ossigeno. Dividendo 40 per 32 peso atomico del solfo si ha per quoziente 1,25; dividendo 60

per 16 peso atomico dell'ossigeno si ha per quoziente 3,75. Questi due quozienti stanno fra di loro come 1 : 3. Gli atomi essendo delle quantità indivisibili ne viene che la molecola dell'anidride solforica non può contenere un numero d'atomi minore di quattro, altrimenti il solfo vi entrerebbe per una frazione atomica. La molecola dell'anidride solforica è dunque composta di quattro atomi (SO^3) oppure di otto (S^2O^6) di dodici (S^3O^9)... Nel primo caso il peso della molecola dell'anidride solforica è $32 + (16 \times 3) = 80$; nel secondo caso è $= 160$; nel terzo caso è $= 240$. Per decidere se la molecola dell'anidride solforica sia composta di quattro atomi o di un moltiplo di quattro, si ebbe ricorso ad altre considerazioni. Si è ammesso che (e ciò è vero nella pluralità dei casi), i corpi gassosi a volumi eguali contengano un eguale numero di molecole chimiche, e come si è fatto il peso atomico eguale ad un volume ossia eguale alla densità dei gaz paragonata a quella dell' idrogeno presa per unità, così si è convenuto di fare il peso molecolare eguale a due volumi ossia a due volte la densità paragonata allo stesso idrogeno. Nei trattati le densità dei corpi aeriformi sono paragonate all'aria presa per unità. Volendole paragonare all'idrogeno non si hanno che moltiplicare per 14, 44, perchè il gaz idrogeno ha una densità che è 14, 44 più piccola di quella dell'aria, epperciò se si fa $= 1$ la densità dell'idrogeno, quella dell'aria diventa 14, 44. Ciò posto si ha il peso della molecola di un corpo aeriforme moltiplicando la sua densità paragonata all'aria per 28, 88. La densità dell'anidride solforica è 2, 763. Moltiplicando questo numero per 28, 88 si ha per prodotto 79, 8, numero che differisce pochissimo da quello (80) che si ottiene aggiungendo al peso di tre atomi di ossigeno il peso di un atomo di solfo. Si ammette perciò che la molecola dell'anidride solforica contenga quattro atomi cioè uno di solfo e tre d'ossigeno: si giunge allo stesso risultato per mezzo della seguente proporzione 0, 0693 densità dell' idrogeno paragonata all' aria sta a 2, 763 densità dell' anidride solforica come 2 densità doppia dell' idrogeno preso per unità : x; d'onde $x = \frac{2,763 \times 2}{0,0693} = 79,8$.

Il peso molecolare d'un corpo aeriforme è quindi $= \frac{d \times 2}{0,0693}$, in cui d esprime la densità del corpo, o con altre parole è uguale alla densità del corpo moltiplicata per 28, 88 perchè $\frac{2}{0,0693} = 28,88$.

Si è proceduto nello stesso modo per verificare i pesi molecolari e quindi il numero degli atomi che formano le molecole degli altri corpi aeriformi o capaci di assumere un tale stato. Nella seguente tavola trovansi indicate le densità di molti corpi paragonate all'aria, le doppie densità riferite all'idrogeno, i pesi molecolari dedotti da considerazioni chimiche, e le formole:

Nomi dei corpi	Densità	Doppia densità riferita ad H.	Pesi molecolari	Formole
Acqua	0,6235	18	18	H^2O
Acido solfidrico	1,1912	34,4	34	H^2S
Acido solforoso	2,232	64,5	64	SO^2
Protossido d'azoto . . .	1,527	44,1	44	N^2O
Biossido d'azoto	1,038	29,98	30	NO
Acido ipoazotico	1,72	49,6	46	NO^2
Ammoniaca	0,591	31,19	31	NH^3
Idrogeno fosforato . . .	1,184	34,2	34	PH^3
Protocloruro di fosforo	4,782	136,9	137,5	PCh^3
Ossidocloruro di fosforo	5,3	153,1	153,5	$POCh^3$
Idrogeno arseniato . .	2,695	77,8	78	AsH^3
Cloruro d'arsenico . . .	6,3006	181,9	181,5	$AsCh^3$
Ioduro d'arsenico . . .	16,1	464,9	456	AsI^3
Ossido di carbonio . .	0,967	28,9	27	CO
Acido carbonico	1,529	44,1	44	CO^2
Solfuro di carbonio . .	2,645	76,4	76	CS^2
Cloruro di carbonio . .	5,415	156,4	156	CCh^4
Cloruro di silicio . . .	5,939	171,5	170	$SrCh^4$
Floruro di silicio . . .	3,600	103,9	104	SiF^4
Cloruro stannico . . .	9,199	265,7	260	$SnCh^4$
Cloruro di zirconio . .	8,15	235,4	231,6	$ZrCh^4$
Cloruro di titanio . . .	6,836	197,4	192	$TiCh^4$
Cloruro di boro	3,942	133,7	117,5	BCh^3
Bromuro di boro . . .	8,78	253,6	251	BBr^3
Floruro di boro	2,3694	68,4	68	BF^3
Cloruro di vanadio . .	6,14	177,3	175	VCh^3
Cloruro d'antimonio .	7,8	225,3	228,5	$SbCh^3$

Risulta quindi che i pesi molecolari nella più parte dei casi si confondono o differiscono pochissimo dalle doppie densità riferite all'idrogeno, e che il fosforo, l'arsenico, il mercurio quando sono combinati con atomi di specie diversa non fanno più eccezione alla legge di Ampère, perchè le molecole dei loro composti sono anche, come quelle degli altri, eguali alle doppie densità. Le densità del vapore dei composti volatili d'aluminio, di ferro, di cromo, di zirconio, di stagno, di titanio, di bismuto, di zinco, di piombo, di mercurio, come pure quelle del vapore dei composti di solfo, di fosforo, di arsenico forniscono dei pesi atomici che si confondono con quelli dedotti dalla legge di Dulong e Petit. Due volumi di cloruro stannico contengono 118 ossia un atomo di stagno. Due volumi di cloruro mercurico contengono 200 di mercurio $=1$ atomo. Due volumi di cloruro ferrico contengono 2×56 di ferro $=2$ atomi...

Si è pure ammesso da molti chimici che le molecole dei corpi elementari fossero eguali a due volumi di vapore ossia alla doppia densità. Le molecole dell'idrogeno, dell'ossigeno, dell'azoto... sarebbero perciò composte di due atomi, quelle del fosforo, dell'arsenico... di quattro atomi. Vi sono ancora pochi chimici che si ricusano di ammettere che gli atomi omogenei possano combinarsi tra loro, ma i fatti e la ragione dimostrano in un modo evidente che gli atomi sono individuati in molecole tanto nei corpi composti che nei corpi elementari. Tra il rame e l'acido cloridrico non ha luogo chimica azione, mentre tra l'idruro di rame e l'acido cloridrico si manifesta un'azione chimica energica con formazione di cloruro ramoso e sviluppo tumultuoso d'idrogeno, locchè non si può spiegare senza ammettere che nel secondo caso all'affinità del cloro per il rame si aggiunge l'affinità dell'idrogeno per l'idrogeno, oppure che l'affinità del rame per il rame sia più grande dell'affinità del rame per l'idrogeno, o l'una e l'altra cosa. Nè vale l'obbiezione che anche nell'azione dell'acido cloridrico sul rame si può esercitare l'affinità dell'idrogeno per l'idrogeno, se due molecole d'acido cloridrico operano sopra un atomo di rame, essendochè in

atomo d'ossigeno mentre è allo stato nascente si combina con l'acqua e produce l'acqua ossigenata.

Le mutue riduzioni che hanno luogo quando si porta l'acqua ossigenata a contatto con certi corpi saturi d'ossigeno dimostrano in un modo evidente che la molecola dell'ossigeno si compone di più atomi, essendochè non si può comprendere come un corpo saturo d'ossigeno possa ridurre un altro che è nello stesso stato, se l'ossigeno dell'uno non possiede una certa affinità verso l'ossigeno dell'altro. Gli ossidi d'argento, di mercurio, il permanganato potassico riducono e sono ridotti dall'acqua ossigenata, perchè l'ossigeno elettronegativo degli ossidi o del permanganato si combina coll'ossigeno elettropositivo dell'acqua ossigenata, e formasi dell'ossigeno normale e dell'acqua più dell'argento, o del mercurio o dell'idrato di sesquiossido di manganese. Egli è per un'analoga ragione che l'ozono riduce l'acqua ossigenata.

L'acido cloridrico composto stabilissimo che non viene decomposto dall'ossigeno libero, anche ad un'alta temperatura, lo è invece dall'ossigeno dell'acido ipocloroso, anche alla temperatura ordinaria, e formasi acqua e cloro libero, perchè all'affinità dell'idrogeno per l'ossigeno si aggiunge l'affinità del cloro elettropositivo dell'acido ipocloroso verso il cloro elettronegativo dell'idracido. Una tale reazione sarebbe inesplicabile se si ammettesse che la molecola del cloro libero si componga di un solo atomo, giacchè in tale caso l'affinità dell'ossigeno combinato per l'idrogeno dell'acido cloridrico, dovrebbe essere minore che allo stato di libertà. Diffatti acciò l'ossigeno dell'acido ipocloroso possa combinarsi coll'idrogeno dell'acido cloridrico è necessario che superi non solo l'affinità del cloro per l'idrogeno, ma anche quella del cloro col quale trovasi combinato. L'acido solforoso e l'idrogeno solforato reagendo l'uno sopra l'altro, si decompongono mutuamente in acqua ed in solfo, tuttochè l'idrogeno e soprattutto l'ossigeno fossero fortemente uniti al solfo: questa ed altre reazioni dimostrano anche che la molecola del solfo si compone di più atomi, e che la mentovata trasformazione è determinata non solo dall'affinità del-

l'ossigeno per l'idrogeno, ma anche dall'affinità del solfo elettropositivo dell'ossiacido verso il solfo elettronegativo dell'idracido. Le stesse considerazioni si possono applicare sotto tutti i rapporti agli altri corpi elementari.

L'ammoniaca corpo assai stabile che non si può decomporre per mezzo dell'ossigeno, a meno di far passare un mescuglio dei due gaz in un tubo rovente; l'acido nitroso corpo che non è decomposto dall'idrogeno libero anche al calore dell'ebollizione, si decompongono quando vengono portati a contatto in acqua ed in azoto. Evidentemente la decomposizione dell'acido nitroso e dell'ammoniaca dovrebbe essere più difficile per l'azione dell'idrogeno e dell'ossigeno combinati: e se l'esperienza prova il contrario, non si può fare a meno di ammettere che un'altra forza operi nel tempo stesso e nello stesso senso della prima, la quale non è altro che l'affinità dell'azoto dell'ammoniaca per quello dell'acido nitroso. D'onde consegue che l'azoto libero è costituito anch'esso da molecole diatomiche $=$ NN, le quali nell'atto che si combinano, si scindono in due, come le molecole dei corpi alogeni, dell'idrogeno e dei metalli (Piria).

Favre e Silbermann, nelle loro ricerche classiche sopra il calorico prodotto dalle chimiche combinazioni, per spiegare certi fatti, per es. perchè il carbonio bruciando nell'ossigeno svolga meno calore che quando brucia nel protossido d'azoto, furono condotti ad ammettere che la molecola dell'ossigeno libero è formata di due atomi.

Il fisico Clausius fu anche da meccaniche considerazioni sopra la costituzione dei gaz condotto a dichiarare « che la forza la quale presiede alle chimiche combinazioni e che consiste probabilmente in una specie di polarità degli atomi, si esercita già nei corpi elementari, e che anche in questi ultimi, molti atomi possono combinarsi in una molecola ». Chi scrive fin dal 1854 partendo dalla virtù che ha la materia primordiale di gravitare e girare intorno dei punti e dalle leggi dell'ordine e dell'armonia, ha ammesso che gli atomi per generare il mondo sensibile hanno dovuto ordinarsi in molecole chimiche e quindi in sistemi di più in più grandi,

e che le molecole dei corpi elementari sono costituite di più atomi della stessa specie mentre quelle dei corpi composti risultano di più atomi di specie diversa.

Se è vero che le molecole chimiche dei corpi tanto semplici che composti sono costituite di più atomi, non è sempre vero che il peso delle molecole chimiche sia eguale alla doppia densità che hanno allo stato gassoso, ossia a due volumi di vapore o di gaz. I fatti ci insegnano che i corpi aeriformi consistono, come gli altri corpi, di molecole fisiche, e che, a parità di volume possono contenere un numero eguale o diverso di molecole chimiche, secondochè le molecole fisiche risultano dallo stesso numero o da un numero diverso di molecole chimiche. La densità del vapore di molti composti è maggiore o minore secondochè viene determinata a temperature basse oppure a temperature più elevate, locchè non si può spiegare senza ammettere una suddivisione delle loro molecole fisiche ossia una seconda vaporizzazione. La densità del vapore d'acido acetico determinata ad una temperatura compresa tra 145 e 155 fu trovata da Dumas e Bineau $=2,80$; Cahours determinò la densità dello stesso vapore tra 219 e 231 e la trovò in media $=2,14$. Collo scaldamento le molecole fisiche del vapore d'acido acetico si suddividono, crescono di numero ed occupano un maggiore volume d'onde la diminuzione della densità. Non la si può attribuire alla conversione del vapore d'acido acetico in anidride acetica ed in acqua ed al rigenerarsi col raffreddamento l'acido acetico, perchè una tale scomposizione non fa crescere il numero delle molecole chimiche d'acido acetico, due molecole di quest'acido $2C^2H^4O^2$ contenendo gli elementi di una molecola d'anidride acetica $C^4H^6O^3$ e di una molecola d'acqua. Non si può neppure attribuire al dissociamento di una molecola d'acido acetico $C^2H^4O^2$ in acetene CH^4 ed in acido carbonico CO^2, perchè in tale caso la densità dovrebbe crescere del doppio e non potrebbe più rigenerarsi l'acido acetico col raffreddamento. Aggiungasi che il distinto chimico Cahours si è con rigorosi sperimenti assicurato che il vapore d'acido acetico non incomincia a decomporsi chimicamente

in CO^2 e CH^4 che alla temperie di 440. Il vapore dell'acido acetico è dunque formato di molecole fisiche, le quali possono dissociarsi mediante conveniente scaldamento senzachè si dissocino le molecole chimiche. Lo stesso dicasi del vapore dell'acido formico la cui densità può variare dal semplice al doppio e di tanti altri corpi aeriformi. Nei corpi aeriformi le molecole chimiche sono dunque individuate in molecole fisiche; volumi eguali di corpi aeriformi possono dunque contenere, come l'esperienza c'insegna che realmente contengono, un numero eguale o diverso di molecole chimiche. Così per es. un volume di vapore acqueo contiene tante molecole chimiche quante sono contenute in un eguale volume di acido solfidrico, di ammoniaca, di protossido d'azoto... ma un volume di questi corpi contiene un numero di molecole chimiche doppio di quello che è contenuto in un eguale volume di vapore di percloruro di fosforo, di cloruro d'ammonio, d'acido solforico... e quadruplo di quello che è contenuto in un eguale volume di solfidrato di solfuro d'ammonio, e di ioduro mercurico ammonico, dimodochè se si suppone eguale a due il volume delle molecole chimiche dei quattro primi corpi, il volume delle molecole chimiche dei tre successivi è uguale a quattro, e quello delle molecole chimiche dei due ultimi è uguale ad otto, perchè le molecole fisiche dei primi corpi contengono un numero di molecole chimiche quattro volte più grande di quelle degli ultimi e due volte maggiore di quelle dei secondi.

Intanto alcuni chimici per sostenere l'ipotesi che volumi eguali di corpi gassosi contengono un eguale numero di molecole chimiche, hanno immaginata un'altra ipotesi, hanno supposto che i corpi i quali vi fanno eccezione alla temperatura a cui si determina la densità dei loro vapori, si decompongano, e quando la temperatura si abbassa tornino a ricomporsi ed a rigenerare i corpi primitivi, dimodochè il vapore che producono consista in un mescuglio di più prodotti cioè che il percloruro di fosforo PCh^5 si risolva in protocloruro $PCh^3 = 2$ volumi, ed in $Ch^2 = 2$ volumi; il sale ammoniaco NH^4Ch in $HCh = 2$ vol. ed in $NH^3 = 2$ vol.;

l'acido solforico SH^2O^4 in $H^2O = 2$ vol., ed in $SO^3 = 2$ vol.... e quindi invece di avere la densità del percloruro di fosforo si abbia quella di un mescuglio di una molecola di protocloruro, e di una molecola di cloro... Per appoggiare una siffatta ipotesi ebbero ricorso alla diffusione, fecero cioè diffondere i vapori in un altro corpo aeriforme, per es. nell'idrogeno: se i corpi non sono decomposti i componenti passeranno nelle stesse proporzioni in cui esistono nel composto; se sono decomposti, i loro componenti passeranno come se ciascuno fosse solo, nel rapporto inverso delle radici quadrate delle loro densità. Pebal ha riconosciuto che quando si fa diffondere nell'idrogeno il vapore del sale ammoniaco, l'ammoniaca meno densa dell'acido cloridrico passa in più grande quantità. Wanklyn e Robinson hanno trovato che facendo diffondere nell'aria, per una punta assai sottile, del vapore d'acido solforico idratato, l'acqua sfugge in maggiore quantità, di guisa che dell'acido solforico anidro si accumula nel pallone. Avendo, in una seconda serie di sperienze, sostituito il percloruro di fosforo all'acido solforico, hanno trovato che il pallone dopo un certo tempo conteneva una piccola quantità di protocloruro di fosforo il cui vapore più denso del cloro si diffonde meno facilmente. Se è vero che le molecole chimiche di alcuni dei corpi in discorso (percloruro di fosforo) siano state decomposte dall'azione del calore non lo è per tutti, perchè la diffusione è per se stessa un agente di decomposizione. Quando si sottomette alla diffusione del bisolfato di potassa, o dell'alume, questi corpi, la cui esistenza, alla temperie ordinaria, è incontestabile, non possono spandersi in una quantità indefinita di liquido senza essere decomposti, stante il potere diffusivo diverso dell'acido solforico e del solfato di potassa, di questo sale e del solfato aluminico. I diversi compartimenti dell'apparecchio a diffusione di Graham contengono in effetto dei sali di composizione variabile: l'alume ed il bisolfato di potassa furono dunque decomposti per diffusione. Lo stesso debbe succedere quando dei vapori, i cui componenti possedono un potere diffusivo o di traspirazione differente, si diffondono

nei gaz. Del resto l'azione decomponente che gli spazii capillari esercitano sui corpi è stata non è guari dimostrata dalle rigorose sperienze del fisico Becquerel. Aggiungasi che H. Deville avendo fatto penetrare dell'ammoniaca e dell'acido cloridrico previamente scaldati a 350 in un pallone scaldato per mezzo del vapore di mercurio alla stessa temperatura, nel quale aveva collocato un termometro ad aria, ha veduto la temperatura del recinto elevarsi a 394, 5 per l'effetto della combinazione dei due gaz. Il cloridrato d'ammoniaca può dunque esistere allo stato di vapore alla temperatura di 350 ed anche di 390, e questo vapore è formato non da un mescuglio, ma bensì da una combinazione dei due gaz, acido cloridrico ed ammoniaca. La molecola del sale ammoniaco forma quindi realmente quattro volumi di vapore. Vi ha di più la molecola del solfuro di ammonio N^2H^8S è uguale a quattro volumi, mentre avrebbe dovuto essere uguale a sei volumi se alla temperatura (100) a cui si determina la densità si fosse dissociata in $2NH^3$ ed in H^2S. Lo stesso dicasi del solfidrato di solfuro d'ammonio la cui molecola rappresenta otto volumi, mentre avrebbe dovuto soltanto rappresentarne sei se si fosse dissociata in solfuro d'ammonio ed in acido solfidrico, e del ioduro mercurico ammonico, la cui molecola chimica occupa un volume doppio di quello della pluralità delle molecole, e se si fosse dissociata in $2NH^4I$, e HgI^2 avrebbe dovuto occupare un volume triplo (H. Deville). Se le molecole dei corpi composti possono occupare due o più volumi di vapore, lo stesso debbe avvenire per le molecole dei corpi elementari. Ciò posto le molecole di mercurio, di cadmio debbono occupare almeno quattro volumi di vapore, perchè se non è impossibile è però assai poco probabile e contrario alla regola generale che vi siano dei vapori formati da atomi allo stato di caos cioè non individuati in molecole. La densità che i corpi presentano allo stato aeriforme non basta dunque da per sè a stabilire quale sia il peso relativo delle molecole chimiche, giacchè volumi eguali di corpi aeriformi non contengono sempre un eguale numero di molecole chimiche. Per stabilire la formola bruta dei corpi

volatili non che quella degli altri corpi bisogna tenere conto dell'insieme delle loro proprietà. Nella pluralità dei composti la formola bruta esprime il rapporto atomico il più semplice. Le formole brute dei seguenti composti acido nitrico HNO^3, acido solforico H^2SO^4, ossido ferrico Fe^2O^3, solfato ferrico $F^2S^3O^{12}$, idrato calcico CaH^2O^2, ipoclorito di calce $CaCh^2O^2$, solfato di magnesia $MgSO^4$... sono diffatti le espressioni atomiche le più semplici. I chimici non adottano formole diverse da queste che quando sono indotti da più ragioni. Così l'analogia che il cloruro ferrico presenta con gli altri composti ferrici in cui il ferro entra per due atomi, la densità del suo vapore ha indotto i chimici a rappresentarlo anzi con la formola Fe^2Ch^6 che con l'altra più semplice $FeCh^3$. Giova notare che oltre il cloruro ferrico espresso dalla formola Fe^2Ch^6, potrebbe anche esistere un cloruro ferrico con la formola $FeCh^3$, un altro avente la formola Fe^4Ch^{12}..... come ha luogo nei corpi detti *polimeri*, cioè che hanno la stessa composizione centesimale ed una formola bruta diversa. Così per esempio gli acidi cianico, dicianico, e cianurico hanno la stessa composizione e proprietà assai diverse, che fecero assegnare al primo la formola CNHO, al secondo la formola $C^2N^2H^2O^2$, ed al terzo quella $C^3N^3H^3O^3$. Lo stesso dicasi del cloruro di cianogeno solido $C^3N^3Ch^3$, liquido $C^2N^2Ch^2$ e gassoso CNCh e degli altri corpi polimeri.

Se dall'accordo dei risultati ottenuti partendo da considerazioni diverse si può determinare con qualche certezza il numero relativo degli atomi che formano le molecole chimiche, per stabilirne la disposizione non si hanno che congetture. Si sono intanto immaginate delle disposizioni per spiegare le chimiche reazioni: le formole che rappresentano siffatte disposizioni furono dette F. *razionali*; esse esprimono non solo la specie ed il numero degli atomi, ma ancora il meccanismo delle chimiche reazioni ossia in che modo le trasformazioni sono avvenute. La molecola chimica essendo una insieme e moltiplice può essere generata e divisa in varie maniere, e può anche conservando la propria struttura scambiare alcuna delle sue parti con delle altre di natura

diversa. Il fatto della combinazione e della decomposizione ha dato luogo alla *dottrina dualista*, essendochè in generale le molecole si formano per la combinazione di due parti, e si dividono in due parti. Il fatto della sostituzione ha dato luogo alla *dottrina unitaria* detta anche *tipica*.

Nella dottrina dualistica detta anche elettrochimica uno dei componenti si chiama comburente od elettronegativo, e l'altro combustibile od elettropositivo. Berzelius ammetteva che gli atomi sono elettropolari, e divideva i corpi in elettronegativi ed elettropositivi secondochè in essi predominava il polo negativo od il polo positivo. I metalloidi ossigeno, cloro, bromo, iodo, solfo, selenio... sono elettronegativi; i metalli sono elettropositivi. La polarità elettrica presenta gradi diversi. L'ossigeno è il più elettronegativo, ed il potassio il più elettropositivo. Tranne questi due corpi gli altri possono agire come elettronegativi o come elettropositivi a seconda della natura e del grado di polarità elettrica del corpo con cui si combinano. Il cloro quando si combina coll' ossigeno opera come elettropositivo, perchè è meno elettronegativo dell'ossigeno, quando si combina col solfo, col bromo, iodo... o coi metalli opera come elettronegativo. Berzelius ammetteva pure che i corpi composti si formano costantemente per addizione dei loro elementi, dimodochè in una combinazione ciascun dei componenti occupa un luogo distinto. Secondo lui i composti, tranne quelli in cui le due polarità elettriche sono completamente sature, sono come gli elementi, o elettropositivi (basi) oppure elettronegativi (acidi), e le combinazioni contengono sempre due componenti semplici o composti essi stessi, i quali sono sovrapposti e come opposti l'uno all'altro, e fanno l'ufficio l'uno di componente negativo e l'altro di componente positivo. Il cloro forma combinandosi col mercurio il cloruro mercurico $HgCh^2$, col potassio il cloruro potassico KCh, il primo di questi composti è elettronegativo e si combina col secondo che è elettropositivo, formando il cloruro mercurico potassico $2KCh, HgCh^2$ nel quale esisterebbero formati i due cloruri. Per analoghe ragioni si esprime il solfato potassico colla formola K^2O, SO^3 ed il

solfato aluminico potassico con la formola $K^2O,SO^3, Al^2O^3,3SO^3$, colle quali formole si suppone che nel primo composto rimangano egualmente formati la potassa K^2O, e l'acido solforico anidro SO^3, e nel secondo il solfato potassico ed il solfato aluminico. Tolto il concetto della preesistenza dei composti d'ordine inferiore in quelli d'ordine superiore, la dottrina dualistica è conforme al vero, essendochè in una molecola chimica gli atomi debbono occupare quali un polo quali il polo opposto, ovvero alcuni le parti centrali ed altri le periferiche.

Sulla dottrina dualistica nel senso della non preesistenza dei componenti è fondata la *nomenclatura chimica* dei corpi composti: in essa col nome del componente elettronegativo comune a molti composti formasi il genere, e col nome del componente elettropositivo si caratterizza la specie. I nomi ossido, solfuro, cloruro... sono generici ed indicano composti formati di ossigeno, o di solfo o di cloro... combinati con un altro componente il cui nome (ossido di ferro, solfuro di potassio, cloruro d'argento...) unito all'altro per mezzo della preposizione *di* esprime la specie. Gli ossidi, i solfuri, i cloruri, i seleniuri... funzionano in generale o come elettronegativi o come elettropositivi: nel primo caso diconsi acidi e nel secondo basi. Il rapporto in cui si trovano i due componenti si esprime per mezzo di particelle numerative *proto* o *mono* (protossido o monossido di ferro FeO), *sesqui* (sesquiossido di ferro Fe^2O^3), *bi* o *deuto* (biossido o deutossido di bario BaO^2, bisolfuro di ferro FeS^2), *tri*, *quatri* o *tetra*, *quinque* o *penta*... che servono ad indicare che il numero degli atomi del componente elettropositivo sta al numero degli atomi dell'altro componente come 1 : 1; come 1 : 1 $^1/_2$; come 1 : 2; come 1 : 3; come 1 : 4... Talvolta si esprime il suddetto rapporto facendo variare la desinenza del nome specifico in *oso* (cloruro mercuroso HgCh) od in *ico* (cloruro mercurico $HgCh^2$), secondochè il componente elettronegativo vi entra in minore o maggiore quantità. Quando i composti di funzione chimica simile che due elementi formano combinandosi insieme sono molto numerosi, allora si differen-

ziano i nomi con particelle numerative e con variazione della desinenza. Si distinguono le diverse anidridi (acidi anidri ossia privi d'acqua) composte di cloro e di ossigeno coi nomi anidride ipoclorosa Ch^2O; anidride clorosa Ch^2O^3; A. ipoclorica Ch^2O^4; A. clorica Ch^2O^5; Anidride perclorica Ch^2O^7. I composti che risultano dalla combinazione degli acidi colle basi chiamansi *sali*, i cui nomi particolari si formano col nome specifico dell' acido cangiando in *ito* la desinenza in *oso*, e in *ato* la desinenza in *ico* e col nome della base. Così si formarono i nomi solfito potassico o di potassa K^2O,SO^2, solfato ferroso o di protossido di ferro FeO,SO^3 e quelli degli altri sali. Regole simili si seguono per formare i nomi dei corpi di composizione più complicata contenenti cioè più componenti analogi, come quelli di solfato aluminico potassico $K^2OSO^3, Al^2O^3, 3SO^3$ e di etil-metilamilammina $\left.\begin{matrix}CH^3\\C^2H^5\\C^5H^{11}\end{matrix}\right\}N$...

Oltre i mentovati sali che si chiamano amfidi distinguonsi ancora i *sali aloidi* che risultano dalla combinazione di un corpo alogeno (cloro, bromo, iodo, fluorio) coi metalli. Le molecole chimiche dei corpi elementari contengono anche più atomi come quelle dei corpi composti. Si potrebbe quindi applicare ad essi la medesima nomenclatura: l'idrogeno potrebbe chiamarsi idruro d'idrogeno, il cloro cloruro di cloro, l' ossigeno normale OO protossido d' ossigeno, l' ozono OOO deutossido d'ossigeno.....

Le molecole dei sali amfidi fatte attraversare da una corrente elettrica si risolvono in metallo che si rende al polo elettronegativo ed in un gruppo atomico che si rende all'altro polo, ove subisce delle altre trasformazioni. Nei solfati per es. il gruppo SO^4 si risolve in O ed in SO^3 che in presenza dell'acqua H^2O genera l'acido solforico H^2SO^4. Così nella decomposizione elettrolitica del solfato di rame si ottiene del rame al polo elettronegativo e dell'acido solforico con dell'ossigeno all'altro polo. Giova aggiungere che nella decomposizione dei sali alcalini si ottiene al polo elettronegativo la base e dell'idrogeno, ma in questo caso la base si è for-

mata per un' azione secondaria del metallo alcalino sopra l' acqua, il cui ossigeno si è combinato al metallo mentre l'idrogeno si è reso libero. Diffatti se al polo elettronegativo si mette del mercurio in esso si scioglie un poco di metallo alcalino. Il modo con cui i sali amfidi sono decomposti dalla corrente elettrica, l' analogia che passa tra questi sali ed i sali aloidi, tra le reazioni degli ossiacidi e quelle degli idracidi hanno indotto Davy dapprima, e poi altri chimici ad ammettere che il gruppo atomico (SO^4 dei solfati, NO^3 dei nitrati, CO^3 dei carbonati.....) funzionasse nei sali amfidi come il corpo alogeno nei sali aloidi. In quest'ordine d'idee tutti i sali sarebbero aloidi e tutti gli acidi degli idracidi.

Chiamasi *radicale composto* un complesso di più atomi tendenti nelle chimiche trasformazioni a restare uniti ed a passare insieme aggruppati da una in un'altra molecola chimica. Nella dottrina di Davy, i gruppi atomici SO^4, NO^3, CO^3... sono radicali composti dei solfati, nitrati, carbonati... I radicali possono essere omogenei ossia formati d' atomi della stessa specie (ferrico $=Fe^2$), oppure eterogenei (cianogeno CN); possono funzionare come elettropositivi (etile C^2H^5, metile CH^3) o come elettronegativi (cianogeno, solfocianogeno...); possono essere monovalenti, bivalenti, trivalenti, tetravalenti... secondochè la loro forza di combinazione e quindi di sostituzione è uguale ad uno, due, tre, quattro... Il cianogeno per es. è un radicale elettronegativo monovalente che funziona quindi come un atomo di cloro. La molecola del cloro si compone di due atomi; quella del cianogeno di due volte il radicale CN; che si suole esprimere col simbolo Cy: un atomo di cloro combinandosi con un atomo di idrogeno genera l' acido cloridrico HCh, con un atomo di potassio il cloruro potassico... similmente si comporta il cianogeno, il quale se si combina con H genera l' acido cianidrico HCy, se con K produce il cianuro potassico KCy... L'etilene C^2H^4 è un radicale elettropositivo bivalente che funziona quindi come due atomi di idrogeno o di potassio...

Siccome molecole della medesima specie possono venire generate da corpi diversi e dividersi in modi diversi a se-

conda delle condizioni in cui vengono collocate, così si possono esprimere con radicali diversi, fra i quali però si preferisce quello che spiega il maggior numero di reazioni. Quantunque le molecole dell'acido solforico H^2SO^4 vengano divise dalla corrente elettrica in SO^4 ed H^2, si formino per la combinazione di SO^3 con H^2O e possano venire divise in questi due corpi, tuttavia per la mentovata ragione si suppone in essa il radicale solforile SO^2 combinato con due ossidrili 2OH. I radicali quando sono complessi si suppongono formati di altri radicali di meno in meno complessi sinchè si giunge agli atomi. Così per esempio si suppone che la molecola dell'acido acetico $C^2H^4O^2$ risulti formata del radicale acetile C^2H^3O e del radicale ossidrile OH, e che l'acetile sia a suo turno formato dai radicali carbonile CO e metile CH^3.

Nella teoria dei tipi la molecola chimica è considerata come un edificio semplice, un tutto armonico che lega insieme ed unifica i diversi atomi siano dessi liberi od aggruppati in radicali. Dumas nel 1840 dopo aver scoperto l'acido tricloracetico dichiarò per il primo che quando il cloro si sostituisce atomo ad atomo all'idrogeno di un composto organico, il nuovo composto organico clorato ed il corpo idrogenato da cui deriva appartengono allo stesso tipo. Applicò in seguito lo stesso punto di vista alla sostituzione degli altri elementi. Il corpo primitivo e quelli che derivano per via di sostituzione spettano allo stesso *tipo chimico* se presentano le stesse proprietà fondamentali; quando queste cangiano per l'effetto della sostituzione, allora il corpo primitivo ed i suoi derivati appartengono allo stesso *tipo meccanico*. Così l'acido acetico ed il cloracetico spettano allo stesso tipo chimico perchè sono l'uno e l'altro degli acidi potenti monobasici, e subiscono delle trasformazioni simili. Lo stesso dicasi dell'acido solforico idratato e dei solfati che da esso derivano... Nella sua prima forma la teoria dei tipi riuniva nello stesso gruppo un composto dato ed i corpi che ne derivavano per sostituzione diretta di un elemento ad un altro, a cui in seguito si aggiunsero anche quelli che derivavano per sostituzione di un radicale composto ad un atomo, per es.

dell'ipoazotide NO^2 all'idrogeno, dell'ammonio NH^4 del cianogeno, dell'etile allo stesso elemento... Dumas paragonava le combinazioni chimiche ad un sistema planetario, nel quale un atomo può essere tolto e surrogato da un altro atomo o radicale composto senza che la costituzione generale del sistema venga alterata. Dapprincipio si ammettevano tanti tipi quante erano le combinazioni primitive, e tra questi tipi non si stabiliva alcun legame comune. Così i solfati metallici spettavano al tipo acido solforico, i nitrati al tipo acido nitrico, i fosfati al tipo acido fosforico... Come il moltiplice tende all' uno, così i numerosi tipi furono in progresso di tempo ridotti a pochi tipi fondamentali (acqua, ammoniaca, idrogeno), i quali vennero infine ridotti ad un solo tipo l'idrogeno.

Laurent ha per il primo considerato certi ossidi ed idrati metallici quali corpi che si possono far derivare dall'acqua H^2O per via di sostituzione. Lo stesso punto di vista fu in seguito applicato agli ossiacidi ed a molti altri corpi. Secondo questo modo di vedere l'idrato potassico $\left.\begin{matrix}K\\H\end{matrix}\right\}O$ o KHO è dell'acqua H^2O in cui H fu sostituito da K, il quale occupa nell' idrato la stessa posizione che occupava H nell' acqua; l'acido nitrico $\left.\begin{matrix}NO^2\\H\end{matrix}\right\}O$ è, come viene indicato dalla stessa formola, dell' acqua in cui un atomo d' idrogeno fu surrogato dal radicale (ipoazotide) NO^2... Diffatti facendo agire il potassio K con l'acqua H^2O formasi dell'idrato potassico KHO e dell'idrogeno H, perchè K sostituì H dell' acqua. Scaldando del potassio K con dell' idrato potassico KHO formasi dell'ossido potassico K^2O e dell'idrogeno H perchè K sostituì H dell'idrato potassico. L'acido azotico $\left.\begin{matrix}NO^2\\H\end{matrix}\right\}O$ e l'idrato potassico $\begin{matrix}K\\H\end{matrix}O$ producono agendo l'uno sull'altro del nitrato potassico $\left.\begin{matrix}NO^2\\K\end{matrix}\right\}O$ e dell' H^2O, perchè K dell' idrato sostituì e restò a sua volta sostituito da H dell'acido. Lo stesso

acido $\frac{NO^2}{H}O$ operando sopra la benzina C^6H^6 genera della nitrobenzina $C^6H^5NO^2$ e dell'acqua $\frac{H}{H}O$ perchè il radicale NO^2 dell'acido surrogò e rimase surrogato da H della benzina... Per queste e per altre analoghe ragioni si ammette che tutti gli ossidi metallici che hanno per formola M^2O, oppure MO, che gli acidi monobasici ed i loro sali metallici, gli alcoli monatomici ed i loro eteri... derivino dal tipo H^2O. In alcuni corpi l'idrogeno tipico dell'acqua è sostituito per intiero, in altri solo per metà. Così per es. nell'acido nitrico $\left.\begin{matrix}NO^2\\H\end{matrix}\right\}O$ e negli altri acidi monobasici, nell'idrato potassico $\frac{K}{H}O$ e negli altri analoghi idrati... l'idrogeno tipico fu solo sostituito per metà, mentrechè negli ossidi e sali metallici è sostituito per intiero.

L'ammoniaca H^3N fatta agire sul potassio genera dell'amiduro di potassio NH^2K e dell'idrogeno che si sviluppa; se si fa agire col ioduro d'etile C^2H^5I produce dell'etilammina $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\H\\H\end{matrix}\right\}N$ e dell'acido idroiodico HI... Si ammette che nel primo caso un atomo d'idrogeno di H^3N sia stato sostituito da K, e nel secondo caso dall'etile C^2H^5, e che per conseguenza l'amiduro potassico, e l'etilammina derivino dal tipo H^3N. Il fatto che fra i sette atomi d'idrogeno contenuti nell'etilammina due possono essere facilmente sostituiti da altri radicali locchè non ha luogo per gli altri cinque, prova che questi ultimi sono strettamente uniti ai due atomi di carbonio con cui formano il radicale etile. C^2H^5, il quale occupa nell'etilammina il posto che nell'ammoniaca era occupato da H. Sostituendo nell'etilammina i due atomi di idrogeno tipico cioè proprio dell'ammoniaca con l'etile o con altri analoghi radicali si ottiene la dietilammina $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\C^2H^5\\H\end{matrix}\right\}N$, la trie-

tilammina $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\C^2H^5\\C^2H^5\end{matrix}\right\}N$, l'etilmetilammina $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\CH^3\\C^5H^{11}\end{matrix}\right\}N$: e tanti altri alcaloidi.

Se l'idrogeno dell'ammoniaca viene sostituito dai radicali degli acidi si hanno le amidi. Così nell'azione dell'ammoniaca sopra il cloruro d'acetile C^2H^3OCh formasi dell'HCh e dell'acetamide $\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\H\\H\end{matrix}\right\}N$. Si rapportano quindi al tipo ammoniaca H^3N tutti gli alcaloidi e le amidi che contengono un solo atomo d'azoto. I gaz idrogeno fosforato H^3P, arsenicale H^3As, antimoniale H^3N producono dei composti analoghi a quelli che genera l'ammoniaca, e si ammette perciò che le loro molecole abbiano una forma analoga a quella della molecola d'ammoniaca H^3N colla differenza che al posto di N si trova P, oppure As, ovvero Sb.

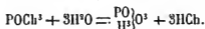
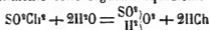
Al tipo HH si rapportano i metalli, i metalloidi alogeni, gli acidi cloridrico, iodidrico, bromidrico, fluoridrico, non che i cloruri, ioduri... composti di un atomo di metallo e di un atomo di corpo alogeno, il metile, l'etile... Quando il cloro ChCh operando sull'idrogeno HH genera l'acido cloridrico 2HCh si suppone che un atomo di cloro sostituisca e sia a suo turno sostituito da un atomo d'idrogeno. Quando l'acido cloridrico 2HCh opera sopra il potassio KK si ammette che il cloruro potassico si formi per la sostituzione del potassio all'idrogeno e che quindi il cloruro potassico abbia una costituzione analoga a quella dell'acido cloridrico.

Oltre i tipi semplici HH, H^2O, H^3N si ammettono ancora i tipi condensati H^4, H^6, H^8; H^4O^2, H^6O^3, H^8O^4; N^2H^6, N^3H^9... I tipi condensati non esistono allo stato di libertà ma si formano nell'atto della chimica reazione, la quale induce i residui di due o più tipi semplici a prendere parte alla formazione della stessa molecola. Si suppone che nella formazione diretta dell'acqua un atomo d'ossigeno della molecola OO sostituisca e resti sostituita da due atomi d'idrogeno spettanti a due molecole 2HH dello stesso elemento; che nella

formazione diretta dell'ammoniaca un atomo d'azoto della molecola NN sostituisca e resti sostituito da tre atomi d'idrogeno appartenenti a tre molecole 3HH dello stesso elemento. Egli è partendo da siffatta supposizione che i tipi H^2O, NH^3 si possono far derivare il primo dal tipo H^4 in cui H^2 fu surrogato da O, ed il secondo da H^6 in cui H^3 fu surrogato da N. Che che ne sia, egli è un fatto che mentre un atomo di cloro si combina con un solo atomo d'idrogeno, un atomo d'ossigeno si combina con due, un atomo d'azoto con tre atomi dello stesso elemento. Il cloro, l'ossigeno e l'azoto manifestano dunque una diversa capacità di combinazione verso l'idrogeno, ossia una diversa valenza (atomicità).

Come vi hanno reazioni nelle quali i residui di più molecole d'idrogeno si riuniscono nella stessa molecola, così havvene di quelle che danno luogo alla riunione dei residui di più molecole d'acqua H^2O, o di più molecole di ammoniaca NH^3. Nella etilene-diamina $\left.\begin{matrix}H^2\\C^2H^4\\H^2\end{matrix}\right\}N^2$ i residui di due molecole d'ammoniaca trovansi insieme congiunti dal radicale biatomico C^2H^4. Il solforile SO^2 radicale biatomico condensa nell'atto che genera l'acido solforico $SO^2OH\,OH$ i residui di due molecole d'acqua; il fosforile PO radicale triatomico condensa nell'atto che dà origine all'acido fosforico $PO\,OH\,OH\,OH$ i residui di tre molecole d'acqua. Formasi diffatti dell'acido solforico quando l'acido clorosolforico SO^2Ch^2 agisce con dell'acqua, e dell'acido fosforico quando l'ossido cloruro di fosforo $POCh^3$ opera collo stesso liquido, le quali reazioni spiegansi facilmente colle seguenti equazioni:

$$SO^2Ch^2 + 2H^2O = \left.\begin{matrix}SO^2\\H^2\end{matrix}\right\}O^2 + 2HCh$$

$$POCh^3 + 3H^2O = \left.\begin{matrix}PO\\H^3\end{matrix}\right\}O^3 + 3HCh.$$

Nella prima reazione il radicale SO^2 sostituì e rimase a suo turno sostituito da H^2 proveniente da due molecole d'acqua, i cui residui furono legati insieme dal solforile; nella seconda reazione il radicale PO sostituì e rimase a sua volta sosti-

tuito da H^3 derivante da tre molecole d'acqua, i cui residui furono insieme riuniti dal fosforile. Lo stesso dicasi degli altri corpi che hanno una costituzione tale da potersi far derivare dal tipo acqua più o meno condensato. Così i metalli biatomici stronzio, calcio, bario... nel generare i rispettivi idrati di stronziana $\begin{matrix}Sr\\H^2\end{matrix}O^2$ oppure $\left.\begin{matrix}H\\Sr\\H\end{matrix}\right\}O^2$, di calce $\left.\begin{matrix}Ca\\H^2\end{matrix}\right\}O^2$, di barite $\left.\begin{matrix}Ba\\H^2\end{matrix}\right\}O^2$... legano insieme i residui di due molecole d'acqua. Medesimamente il radicale ferrico Fe^2 nell'atto che produce l'idrato ferrico $\left.\begin{matrix}H^6\\Fe^2\end{matrix}\right\}O^6$ riunisce insieme i residui di sei molecole d'acqua di guisa da potersi risguardare come derivante da sei molecole d'acqua $\begin{matrix}H^6\\H^6\end{matrix}O^6$ in cui sei atomi d' idrogeno vennero surrogati dal radicale esatomico Fe^2... L' idrogeno tipico delle discorse e di altre analoghe molecole può essere surrogato da altri radicali. Nell' aceto nitrato stronzico $\left.\begin{matrix}Sr\\C^2H^3O\\NO^2\end{matrix}\right\}O^2$, nell'aceto nitrato baritico $\left.\begin{matrix}Br\\C^2H^3O\\NO^2\end{matrix}\right\}O^2$ un atomo di idrogeno trovasi sostituito dall'acetile C^2H^3O e l'altro dall'ipoazotide NO^2.

L'esistenza dei tartrati acidi e dei tartrati a due basi ha condotto Liebig a raddoppiare il peso molecolare dell'acido tartarico ed a considerarlo come acido bibasico; per analoga ragione l'esistenza dei sali di stronzio e di bario a due acidi conduce a raddoppiare il loro peso atomico ed a considerarli come biatomici. Medesimamente l'esistenza del tetracetonitrato ferrico $\left.\begin{matrix}Fe^2\\4C^2H^3O\\NO^2\\H\end{matrix}\right\}O^6$ e di altri simili sali ferrici in cui gli atomi dell'idrogeno tipico sono surrogati da un numero corrispondente di radicali composti conferma sempre più che il ferrico è un radicale esatomico.

Tutti i composti che si fanno derivare da tipi condensati

contengono dei radicali poliatomici nei quali risiede la causa della condensazione. Questi radicali possono riunire nella stessa molecola non solo i residui di più molecole della stessa natura, ma ancora i residui di più molecole di natura diversa, e dare luogo ai così detti *tipi misti*. L'acido ossamico $\left.\begin{matrix} H \\ C^2O^2 \\ H^2 \end{matrix}\right\}\begin{matrix} O \\ N \end{matrix}$, come risulta dalla formola, deriva dal tipo misto H^2O, ed NH^3 in cui il radicale ossalile C^2O^2 sostituì un atomo di idrogeno di H^2O ed un atomo di idrogeno di H^3N, e congiunse insieme i due residui HO ed H^2N. L'acido clorosolforico di Williamson $\left.\begin{matrix} H \\ SO^2 \end{matrix}\right\}\begin{matrix} O \\ Ch \end{matrix}$ si fa da alcuni derivare dal tipo misto H^2O, ed HCh in cui l'idrogeno dell'acido cloridrico ed un atomo d'idrogeno dell'acqua furono surrogati dal solforile SO^2. Ma l'acido in discorso può anche farsi derivare dall'acido solforico $\left.\begin{matrix} SO^2 \\ H^2 \end{matrix}\right\}O^2$ in cui il gruppo HO trovasi surrogato dal cloro, e considerarsi come una cloridrina solforica, analoga ad esempio alla monocloridrina diramica (atacamite, ossidocloruro di rame idratato) $\left.\begin{matrix} {}^2Cu \\ H \end{matrix}\right\}\begin{matrix} O^2 \\ Ch \end{matrix}$ che si suppone derivare dall'idrato ramico $\left.\begin{matrix} 2Cu \\ H^2 \end{matrix}\right\}O^3$ in cui HO trovasi surrogato da *Ch*, all'acetocloridrina ferrica $\left.\begin{matrix} Fe^2 \\ 3C^2H^3O \\ H \end{matrix}\right\}\begin{matrix} O^4 \\ Ch^2 \end{matrix}$...

Vi hanno delle cloridrine a cui non si può assegnare una tale derivazione e debbono risguardarsi come spettanti ad un tipo misto risultante dalla riunione e condensazione dei tipi acqua ed idrogeno. Così per esempio la vagnerite o fosfofluoridrina magnesica $\left.\begin{matrix} PO \\ Mg^2 \end{matrix}\right\}\begin{matrix} O^3 \\ F \end{matrix}$ deriva da $\left.\begin{matrix} PO \\ H^3 \end{matrix}\right\}O^3$ e da HF in cui i quattro atomi d'idrogeno furono surrogati da 2Mg. Lo stesso dicasi dell'apatite o trifosfo fluoridrina calcica $\left.\begin{matrix} 3PO \\ 5Ca \end{matrix}\right\}\begin{matrix} O^9 \\ F \end{matrix}$

dell'acetocloridrina calcica $\left.\begin{matrix}Ca\\C^2H^3O\\Ch\end{matrix}\right\}O$, dell' acetobromidrina piombica $\left.\begin{matrix}Pb\\C^2H^3O\\Br\end{matrix}\right\}O$. . .

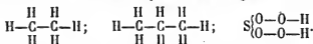
Questi ed altri analoghi composti possono considerarsi come degli ossisali neutri in cui una parte del metallo è saturata da un corpo alogeno. La vagnerite sarebbe un sale con eccesso di base se una porzione del metallo non fosse saturata dal fluorio, perchè il magnesio è un metallo biatomico, e l'acido fosforico non contiene che tre atomi d'idrogeno.

Giova intanto di far notare che il sale aloideo può in alcuni fra i mentovati composti trovarsi soltanto fisicamente unito all'altro sale. Il chimico Odling ha diffatti ottenuto un sale ben definito risultante dalla fisica unione di una molecola di fosfato trisodico $\left.\begin{matrix}PO\\3Na\end{matrix}\right\}O^3$, di una molecola di fluoruro di sodio NaF, e di dodici molecole d'acqua. È vero che questo sale è decomposto dall' acqua bollente in fluoruro ed in fosfato, locchè non avviene per la vagnerite e l'apatite, ma questo fatto non è, a mio avviso, sufficiente per provare che questi ed altri analoghi composti risultino da una sola specie di molecole chimiche, essendochè le molecole chimiche del sale aloideo possono formare con quelle dell' altro sale un composto fisico indecomponibile dall'acqua.

Nella teoria dei tipi d'accordo con quanto si pratica nello studio delle forme visibili, l'indefinito numero di forme invisibili delle molecole chimiche viene derivato da poche forme tipiche che idealmente vengono ridotte ad una forma sola diversamente modificata. I tipi idrogeno, acqua, ammoniaca sono per il chimico ciò che sono pel botanico i tipi di piante acotiledoni, monocotiledoni, dicotiledoni, per il cristallografo i tipi cristallini, colla differenza che il primo fu condotto a ridurre i composti chimici a pochi tipi paragonando le reazioni, i secondi paragonando le forme, il primo rapporta allo stesso tipo le molecole a reazioni analoghe, i secondi gli oggetti a forme simili: come vi è relazione, tra la

forma di una macchina e le funzioni che compie, così vi debbe essere relazione tra le reazioni chimiche e le forme delle molecole; i corpi a reazioni chimiche analoghe debbono quindi risultare di molecole a forme simili. La teoria dei tipi rappresentando con formole razionali simili tutti i corpi che possono per via di sostituzione essere derivati da una molecola presa per tipo, fa sorgere non solo le analogie di reazione ma anche quelle di forma.

La teoria dei tipi è inseparabile da quella dei radicali che tra loro mutuamente si sostituiscono, e da quella dell'atomicità ossia del numero di forze chimiche con cui i radicali agiscono. In questi ultimi tempi alcuni chimici, omessa l'idea di tipo, si limitano ad ordinare gli atomi giusta il loro grado di atomicità e chiamano *formole di costituzione* gli ordinamenti che ne risultano. Quando le molecole chimiche constano di un solo atomo polivalente e di più atomi monovalenti, si suppone che le forze chimiche del primo sieno saturate o meglio equilibrate da quelle dei secondi. Così nell'acetene CH^4 le quattro atomicità di C sono equilibrate dalle quattro atomicità dei quattro atomi di idrogeno. Quando la stessa molecola chimica contiene più atomi polivalenti si suppone che avvenga tra loro uno scambio di forza chimica o con altre parole che una o più valenze di un atomo sieno equilibrate da una o più valenze di un altro o di altri atomi della stessa specie. Giusta quest'ipotesi l'idruro di etile C^2H^6, l'idruro di propile C^3H^8, l'acido solforico H^2SO^4... avrebbero gli atomi uniti nel modo espresso dalle seguenti formole:

$$\begin{matrix} & H & H & \\ H- & C- & C- & H \\ & H & H & \end{matrix}; \quad \begin{matrix} & H & H & H & \\ H- & C- & C- & C- & H \\ & H & H & H & \end{matrix}; \quad S\begin{cases} O-O-H \\ O-O-H \end{cases}.$$

Nella più parte dei composti gli atomi polivalenti sarebbero, come negli esempi addotti, uniti tra loro per mezzo di una sola forza chimica, in alcuni per mezzo di un maggior numero; si suppone per es. che nella benzina C^6H^6 e negli altri composti analoghi gli atomi di carbonio sieno uniti tra loro per mezzo di tre forze chimiche, e con la quarta si uniscano all'idrogeno. Se non che siccome atomi della

stessa specie possono, secondo le condizioni, agire con forze chimiche diverse, ne viene che le formole fondate solo sull'ipotesi dell'atomicità non sono al vero conformi. Il carbonio, il ferro, il iodo, l'azoto... agiscono con valenze diverse nei composti CO, CO^2, FeO, FeS^2, Fe^2O^3, KI, Ch^3I, N^2O, NO, N^2O^3, N^2O^5... Risulta quindi che il carbonio supposto tetravalente può agire con minore numero di valenze, il iodo supposto, come l'idrogeno, monovalente può agire come trivalente... Schützenberger ha descritto una combinazione contenente $\left.\begin{matrix}3C^2H^3O\\ I\end{matrix}\right\}O^3$ nella quale il iodo triatomico del cloruro Ch^3I sostituendosi a tre atomi d'idrogeno di tre molecole d'acido acetico ne congiunge insieme i tre residui. È dunque un fatto che atomi della stessa specie possono agire nei diversi composti che formano con valenze diverse, e che alcune specie atomiche possono manifestare più forze delle altre. Non potendosi dal grado di forza che una specie atomica manifesta in un dato composto indurre il grado di forza che manifesta in un altro composto, ne consegue che per stabilire le relazioni di unione degli atomi nelle diverse specie di molecole bisogna prima di tutto conoscere il grado di forza che essi manifestano in ciascuna specie molecolare: ma la chimica non ha mezzi per acquistare una tale conoscenza, ed invece di continuare a costrurre inutilmente degli edifizi immaginari, sarebbe meglio che si limitasse ad esprimere i composti con formole razionali che spieghino il meccanismo delle loro trasformazioni.

Gli atomi sono nello spazio e durano nel tempo, e non si possono quindi rappresentare le loro unioni senza tener conto dei luoghi che occupano e delle forme dei sistemi che ne risultano. Il geometra Gaudin prendendo le mosse da principii matematici tentò in questi ultimi tempi di determinare la disposizione degli atomi nelle molecole. Egli ammette 1° che la ragione delle combinazioni chimiche è una ragione matematica vale a dire che le molecole sono unicamente formate dalla necessità di stabilire un equilibrio statico medio tra gli atomi onde sono composte, da cui risul-

tano dei poliedri geometrici regolari, aventi un rapporto geometrico diretto con il cristallo che generano: 2° che tutte le molecole sono formate d'elementi lineari o file d'atomi parallele tra loro composte di 1, 3, 5, o 7 atomi, tutti numeri primi, da cui ne segue che queste molecole formano un tessuto unico e rappresentano un insieme di 3, di 5 o di 7 tessuti paralleli tra loro e perpendicolari all'asse delle molecole: 3° che le molecole si aggruppano tra loro per formare dei cristalli come le file d'atomi per formare le molecole... La seconda e la terza premessa, da cui il geometra Gaudin parte, per costrurre le formole delle molecole, non sono, a mio avviso, conformi al vero. Debbe esservi analogia tra i grandi ed i piccoli sistemi. Nei grandi sistemi le parti sono disposte in rette non parallele tra loro ma oblique ed incontrantesi al centro del sistema da cui partono a guisa di raggi: le rette atomiche debbono anche avere nei sistemi molecolari un'eguale disposizione. Gli atomi girano, come ammette lo stesso Gaudin, intorno al centro delle molecole, le molecole non girano intorno al centro dei cristalli, i primi debbono quindi disporsi diversamente delle seconde. Non essendo vere tutte le premesse non possono esserlo le conseguenze ossia le formole che ne ha dedotte.

Per istabilire con una certa probabilità le formole reali delle molecole non bisogna seguire il facile e fallace metodo basato sopra un solo principio, ma bensì un metodo assai più difficile fondato sopra l'insieme delle qualità della materia, e sovrattutto sopra quella di gravitare, girare ed oscillare intorno dei punti. La molecola chimica è un individuo, una forma, un'unità di primo ordine, che nasce e si mantiene. 1° Perchè gli atomi si sono disposti giusta la legge dell'ordine e dell'equilibrio. 2° Perchè gravitano, girano ed oscillano giusta la legge dell'armonia intorno ad un punto. 3° Perchè l'etere in cui si muovono li abbraccia e li unifica compiendo un'oscillazione in cui sono comprese le oscillazioni degli atomi. L'oscillazione eterea che unifica e contiene in sè le oscillazioni atomiche costituisce la *monade chimica*. In una molecola chimica oltre la forma dipendente dalla

specie, dal numero e dalla disposizione degli atomi si debbe distinguere la forma della monade. Può essere che la monade chimica abbia sempre una forma sferoidale, può essere che abbia una forma diversa ed in relazione col numero e colla disposizione degli atomi. Fra gli atomi di cui si compone una molecola chimica uno debbe occupare il centro e gli altri la periferia. Quando la monade ha una forma sferoidale dessa si estende in tutte le direzioni dall'atomo centrale fino un poco al di là degli atomi i più remoti: quando non è uno sferoide allora debbe solo estendersi dall' atomo centrale in quelle direzioni in cui vi sono atomi. Se la molecola si compone soltanto di due atomi allora dall' atomo centrale partirebbe, nella direzione dell'altro atomo, un solo raggio che si estenderebbe un poco al di là del medesimo. Se la molecola si compone di tre atomi allora dall' atomo centrale partirebbero due raggi (salvo il caso che i due atomi si trovino l' uno sopra l'altro) che si estenderebbero l' uno verso un atomo, e l'altro verso l' altr' atomo, dimodochè il numero dei raggi che partono dall'atomo centrale sarebbe in ragione diretta del numero degli atomi periferici. In quest' ipotesi la monade avrebbe una forma raggiata, la quale sembrerebbe omogenea e rotondata nelle molecole composte di un notevole numero d'atomi disposti in tutte le direzioni attorno all'atomo centrale. Io penso che l'atomo centrale sia da ogni lato circondato dalla monade chimica, e che nelle direzioni in cui vi sono degli atomi abbia inoltre luogo un'irradiazione eterea tra gli atomi periferici e l'atomo centrale. Nel centro di una molecola si debbe, come nel centro terrestre, distinguere i lati che guardano i poli, e quelli che sono rivolti verso l'equatore. Gli atomi debbono essere disposti nelle molecole che ne contengono un piccolo numero come gli astri nei sistemi planetari, in quelle che ne contengono un numero considerevole come le molecole negli astri. Nel primo caso le rette radiali che uniscono gli atomi periferici al centro, possono formare un angolo retto coll'asse reale od ideale delle molecole, oppure essere inclinate verso l'uno o l'altro polo. Probabilmente nei metalloidi le

rette sono inclinate verso il polo levogiro (elettro-negativo) e nei metalli verso il polo desterogiro (elettro-positivo). Nel secondo caso le molteplici rette radiali fanno angoli diversi coll'asse ed alcune sono inclinate verso un polo, altre verso l'altro. Quando il numero degli atomi è molto considerevole bisogna cercare di distinguere se occupano le parti superficiali, le più interne o le intermedie, e se presentano lo stato solido liquido o gassoso. Nella terra i corpi più densi tendono ad occupare le parti inferiori, ed i più leggieri le superiori. In una molecola il centro e le regioni ad esso prossime debbono anche essere occupate dagli atomi più pesanti, e le regioni superficiali dagli atomi i più leggieri. Gli atomi di idrogeno sono i più leggieri, dessi debbono quindi occupare le regioni superiori delle molecole. La facilità con cui l'idrogeno è nelle molecole sostituito dagli altri corpi, depone in favore della suddetta ipotesi. Il non essere il carbonio direttamente sostituibile da alcun elemento tende a dimostrare che i suoi atomi sono aggregati in masse solide, e tuttochè più leggieri di quelli dell'ossigeno e dell'azoto debbono occupare le parti centrali delle molecole. Ammettendo che le molecole abbiano una struttura simile a quella dei grandi sistemi si soddisfa a tutti i bisogni della chimica e se ne spiegano in un modo rigoroso e matematico tutti i fenomeni, essendochè in quest'ordine d'idee persino le molecole composte di due atomi della medesima specie possono offrire caratteri diversi, secondo il luogo occupato dall'atomo periferico che fa l'ufficio di satellite. L'essere le molecole formate di un numero piccolo o grande di atomi è un effetto che dipende dalle condizioni estrinseche e dalla natura stessa degli atomi, i quali per potersi individuare in grande numero nella stessa molecola e produrre dei sistemi simili agli astri è necessario che abbiano la virtù di aggregarsi tra loro in masse od in assi solidi di una certa grandezza. Dall'avere gli atomi di carbonio una tale virtù, dipende soprattutto che le molecole organiche sono più grosse di quelle dei minerali. I chimici, per incamminarsi nella via della verità ed illuminare i geometri sulla costruzione delle forme reali delle

molecole, dovrebbero incominciare a rappresentarle con formole che indicassero le principali situazioni geografiche. Si potrebbe convenire che i simboli posti a sinistra della formola indichino gli atomi che occupano le parti centrali o l'asse delle molecole, quelli posti a destra gli atomi periferici, i simboli superiori gli atomi che occupano il polo desterogiro, gli inferiori il polo levogiro, ed i simboli intermedii gli atomi equatoriali. Ciò convenuto le situazioni geografiche degli atomi verrebbero indicate dai posti che i simboli occupano nelle formole. La formola per es. dell'idruro di propile scritta nel modo seguente $\begin{matrix} CH^2 \\ CH^4 \\ CH^2 \end{matrix}$ indicherebbe che i tre atomi di carbonio occupano le parti centrali o l'asse della molecola, che degli otto atomi di H due occupano il polo desterogiro, due il polo levogiro e quattro la regione equatoriale. Questa formola contiene la ragione d'esistere di tutte le metamorfosi dell'idruro di propile; essa ci dice che se si sostituisce una parte d'idrogeno con un altro corpo si debbe ottenere come l'esperienza ci insegna che realmente si ottiene un composto diverso secondo il posto che occupava l'idrogeno che si è sostituito. I chimici considerano gli alcoli quali composti derivanti da idrocarburi per sostituzione del gruppo OH ad H, ed hanno ottenuto tre specie d'alcoli sostituendo nello stesso idrocarburo un atomo di H con OH. Coll'idruro di propile si può ottenere l'alcole propilico $\begin{matrix} COH^2 \\ C\ H^4 \\ C\ H^2 \end{matrix}$ l'alcole isopropilico $\begin{matrix} C\ H^2 \\ C\ H^4 \\ COH^2 \end{matrix}$ e l'alcole pseudopropilico $\begin{matrix} C\ H^2 \\ COH^4 \\ C\ H^2 \end{matrix}$. I due primi alcoli furono già ottenuti, e si fanno ora delle sperienze per ottenere il terzo. Questi ed altri alcoli potrebbero anche considerarsi come prodotti d'ossidazione degli idrocarburi, ed a parità di ossigeno fissato, le differenze dipenderebbero dal luogo occupato dall'ossigeno.

La formola dell'acido solforico $\begin{matrix} H^2 \\ SO^2 \\ O^2 \end{matrix}$ indicherebbe che S oc-

cupa il centro della molecola, H^2 il polo desterogiro, O^2 l'equatore ed O^2 il polo levogiro. Questa formola trovasi perfettamente d'accordo con tutte le reazioni dell'acido solforico: essa spiega perchè quest' acido in certe condizioni si scinde in H^2O, ed in SO^3, in altre in H^2 ed SO^4, in altre in SO^2, H^2O, O. . . Solo riformando le formole nel modo indicato si giungerà a spiegare i fenomeni chimici con vere idee misurabili dal geometra e dal meccanico. È tempo di smettere il facile ed erroneo uso di spiegare i fenomeni naturali con parole prive di geometrico significato, essendochè è ormai provato e riprovato che dessi sono prodotti da forme in moto, e non possono quindi essere altrimenti spiegati che col linguaggio del matematico.

Il volume dei corpi si compone del volume delle molecole e delle distanze che esistono tra le loro superficie. A parità di queste ultime, il quoziente che si ottiene dividendo il peso molecolare per la densità dei corpi esprime il *volume relativo* delle molecole, ed il quoziente che si ha dividendo il volume molecolare per il numero degli atomi esprime la media delle distanze atomiche. Kopp per rendere il più che sia possibile eguale nei corpi la condizione delle distanze delle molecole e comparabili i loro volumi, li determinò alla temperatura del punto di bollizione, divise cioè i pesi molecolari per le densità che i corpi hanno al punto di bollizione. Per determinare il volume molecolare di un liquido bisogna quindi conoscerne il suo peso molecolare, il suo punto di bollizione, la sua densità e la sua dilatazione dalla temperatura a cui si è valutata la densità sino a quella dell'ebollizione. Un liquido che a zero ha una densità $= D$, e che da zero al punto di bollizione si dilata di K, alla temperatura dell'ebollizione avrà una densità $= \frac{D}{V+K}$ in cui V esprime l'unità di volume. Si è dal fisico Kopp riconosciuto che nella più parte dei casi: i corpi isomeri hanno volumi molecolari eguali: i composti omologi che differiscono per nCH^2 hanno volumi molecolari che differiscono egualmente per n volte una costante che è in media 22: allorchè in un com-

posto H^2 è surrogato da un atomo di O o di C il volume atomico non varia. Le eccezioni a queste regole generali dipenderebbero secondo Kopp, da un cambiamento di costituzione nelle molecole. L'aldeide acetica (54, 3) e l'ossido di etilene (50, 6) tuttochè isomeri hanno un volume molecolare diverso, locchè dipenderebbe dacchè nell'aldeide l'ossigeno fa parte del radicale acetile C^2H^3O,H mentre nell'ossido d'etilene C^2H^4,O è fuori del radicale. Ha trovato che l'esperienza si accorderebbe sensibilmente col calcolo se si ammettesse nei composti organici ossigenati, per il volume atomico di C 5, 5, di H 5, 5, di O nel radicale 6, 1, di O fuori del radicale 3, 9. Ma quest'ipotesi è troppo arbitraria perchè non vi ha alcuna ragione per dichiarare che la differenza dipenda da una variazione del volume atomico dell'ossigeno anzichè di quello degli altri elementi. E poi un'analoga ipotesi si dovrebbe fare per spiegare le eccezioni dei composti non ossigenati, per spiegare per es. che non vi ha eguaglianza di volume molecolare per l'anilina C^6H^7N ed il valeronitrile C^5H^9N, nè per il benzonitrile C^7H^5N e la butilamina $C^4H^{11}N$ sebbene le formole di questi composti differiscano per $+ nC - 2nH$.

Gli esseri particolari finiti, essendo legati per mezzo dell'etere e formando un tutto uno con l'essere universale ed infinito, ne viene che il modo d'essere del finito, delle parti dipende dal modo d'essere dell'infinito, del tutto, e reciprocamente. Le ragioni (condizioni) che determinano la materia che occupa un dato luogo a formare anzi uno che un altro essere, e che una volta formato lo conservano, si dividono in quantitative e qualitative. Le ragioni quantitative consistono nel rapporto che passa tra la quantità di materia che forma un essere e quella che forma un altro essere dello stesso ordine, e siccome esistono molti ordini di esseri così si debbono anche distinguere molte specie di ragioni quantitative, le atomiche, le chimiche, le fisiche, le astrigene... Le ragioni qualitative consistono nel rapporto che passa tra le vibrazioni che un essere compie e le corrispondenti ondulazioni eteree, e dividonsi, come le quantitative, in atomiche, chimiche, fisiche, astrigene, astronomiche... Deb-

bonsi inoltre distinguere le ragioni inferiori e le superiori, le prossime e le remote. Ogni ragione, tranne le atomiche che occupano il grado infimo e formano il primo anello dell'infinita catena, è legata da un lato colle ragioni inferiori, e dall'altro colle ragioni superiori. Così per esempio, le ragioni chimiche sono da una parte legate colle ragioni atomiche e dall'altra colle ragioni fisiche, le ragioni fisiche sono da un canto connesse colle ragioni chimiche e dall'altro colle ragioni astrigene... Ogni ragione dipende dalle ragioni inferiori e dalle ragioni superiori, dimodochè gli esseri di cui determina la formazione ed a cui presiede in un modo particolare ed immediato, debbono trovarsi in equilibrio ed in armonia cogli esseri superiori e con quelli inferiori.

Ogni corpo minerale, a parte le ragioni superiori, è presieduto da tre ordini di ragioni: le ragioni atomiche che presiedono alla formazione e conservazione delle molecole chimiche: le ragioni chimiche che presiedono alla formazione e conservazione delle molecole fisiche, e le ragioni fisiche che presiedono alla formazione e conservazione dei corpi. Chiamasi trasformazione l'atto in cui la materia esistente in un dato luogo viene determinata dalle ragioni a cangiare modo di divenire ed a produrre degli altri esseri delle altre cose. Nell'atto della trasformazione le forze cangiano di direzione e si compongono in nuove risultanti, cessano cioè di cospirare verso un punto ed incominciano a cospirare verso un altro punto. Nelle trasformazioni si debbono distinguere le ragioni od i principii che le determinano, le forze od i mezzi che le effettuano, ed il fine per cui si sono effettuate; si debbe di più distinguere il momento in cui le risultanti si decompongono, il momento in cui le forze si compongono in nuove risultanti, ed il momento in cui si accordano con le altre risultanti, o con altre parole il momento in cui le masse si distaccano da un centro, il momento in cui si attaccano ad un altro centro, ed il momento in cui i nuovi sistemi equilibrano ed accordano le loro forme, i loro moti con gli altri sistemi. Non è il caso che trasforma, che unisce e separa gli atomi e gli altri es-

seri, ma bensì la ragione, la quale li determina ad ordinarsi in modo onde produrre degli organismi stabili ed armonici: non è neppure la necessità perchè la ragione avrebbe potuto far nascere delle armonie e quindi delle esistenze diverse da quelle che son nate. Si distinguono tanti generi di trasformazione quante sono le categorie dei sistemi. Le trasformazioni chimiche sono quelle che avvengono nelle molecole chimiche: la forza che le produce chiamasi *affinità*.

L'affinità varia come l'attrazione astronomica in ragione diretta della massa ed in ragione inversa del quadrato della distanza, ed è come questa un effetto dipendente dalla virtù che ha la materia di gravitare, girare ed oscillare intorno dei centri. L'affinità è un'attrazione che ha luogo tra gli atomi: essa varia tra atomo ed atomo, ed è tanto più intensa quanto più piccole sono le distanze a cui gli atomi si collocano. L'affinità dicesi *omogenea* se si effettua tra atomi della medesima specie, *eterogenea* se tra atomi di specie diversa. Le distanze a cui gli atomi estendono la loro attrazione e quelle a cui si collocano nelle molecole variano secondo la natura degli atomi. L'affinità che spiegano gli atomi è tanto più grande quanto maggiore è la differenza che passa tra la distanza a cui gli atomi cominciano ad attirarsi e quella a cui si collocano nelle molecole, e tanto più piccola è quest'ultima. Essa ha per limite le distanze a cui gli atomi si trovano prima di combinarsi e dopo che si sono combinati ossia individuati nella stessa molecola. Gli atomi non possono combinarsi quando le loro distanze sono maggiori delle loro sfere di attrazione. Le distanze sono prodotte dalla forza repulsiva e limitate dalla forza attrattiva. L'affinità limita dunque ed ha per limite le distanze, ed alle diverse distanze non può produrre che quelle unioni che le sfere di attrazione degli atomi rendono possibili. Le distanze crescono col crescere del grado di velocità e di intensità delle radiazioni e soprattutto del calorico. Gli atomi, nel primo periodo di vita della nostra terra, stante l'elevatissima temperatura, non potevano produrre quelle specie chimiche (acqua, anidride carbonica, ammoniaca, carbonati, solfati. . .) che in

seguito col progressivo raffreddamento hanno prodotte. In quei tempi le distanze impedivano agli atomi di spiegare quelle affinità che in seguito, per la diminuzione della temperatura e quindi delle distanze hanno spiegato. L'affinità tende ad avvicinare gli atomi il più che sia possibile ed a formare delle molecole di più in più dense. Gli atomi, i corpi che hanno maggiore affinità debbono combinarsi più facilmente e separarsi più difficilmente dai loro composti degli altri: inoltre debbono produrre combinandosi una maggior elevazione di temperatura, perchè le velocità crescono col crescere dell'intensità delle forze, o con geometrici termini perchè le curve descritte dal moto degli atomi crescono proporzionalmente alla diminuzione delle rette ossia delle distanze. L'ossigeno si combina più facilmente con il ferro che col piombo; e si separa più difficilmente dall'ossido di ferro che da quello di piombo, ed eleva di più la temperatura quando si combina con il primo che quando si unisce al secondo metallo. Questi fatti dimostrano che l'ossigeno ha più affinità verso il ferro che verso il piombo. Per mezzo di analoghi fatti si prova che il cloro ha più affinità verso l'idrogeno del bromo, che l'anidride carbonica ha più affinità verso la barite che verso la calce. « Se la potassa, ha saggiamente scritto Newton, precipita le soluzioni metalliche, egli è perchè le particelle acide sono più fortemente attirate dall'alcali che dal metallo. Se una dissoluzione di rame discioglie il ferro ed abbandona il rame, se una dissoluzione d'argento discioglie il rame e precipita l'argento... egli è perchè le particelle acide sono più attirate dal ferro che dal rame, dal rame che dall'argento ».

Beketoff fece moltissime ricerche sopra la sostituzione degli elementi gli uni agli altri ed avrebbe riconosciuto che l'energia chimica (affinità) dei metalli è inversamente proporzionale al loro peso specifico. Nella lista seguente K, Na, Ca, Mg, Zn, Fe, Co, Cd, Cu, Pb, Hg, Ag, Au, Pt, i metalli sono disposti, secondo la loro energia chimica, in modo che ogni metallo può essere sostituito da tutti quelli che lo precedono ma non da alcuno di quelli che lo seguono, ma stanno an-

che, tranne qualche eccezione, in ordine del loro peso specifico, dal più leggiero al più pesante. La stessa relazione si osserva nelle diverse serie di elementi non metallici, Ch, Br, e I; O, S, Se e Te; Ph, As, Sb e Bi... Ma perchè i diversi atomi spiegano un diverso grado di affinità, e si collocano a distanze diverse? Ciò dipende dalle ragioni atomiche e soprattutto dalla forma degli atomi che c'è ignota, perchè vi è relazione tra la forma ed il modo d'ordinarsi degli esseri, tra il modo d'ordinarsi ed il modo di muoversi. Perchè i diversi atomi, soggiungerà alcuno, hanno forme e quindi qualità diverse? Perchè Iddio nel creare la materia la dotò di tali virtù onde potesse raggiungere il fine che erasi proposto nel crearla. « Perchè, come ha scritto Newton, Iddio formò la materia di tale maniera che le sue particelle primigenie, potessero raggiungere i fini per cui erano formate ». Iddio è il principio, la ragione ed il fine di tutte le cose: la materia è il mezzo che Egli ha creato per manifestare se stesso ed i suoi fini supremi che sono l'ordine, l'equilibrio e l'armonia.

La materia come la ragione tendendo verso i mentovati fini ne consegue che ha luogo trasformazione quando, per le mutate condizioni, gli esseri che possono formarsi presentano più equilibrio, oppure più ordine e più armonia di quelli che esistono. Il ferro scaldato al rosso scompone il vapore acqueo, si ossida appropriandosene l'ossigeno e rendendo libero l'idrogeno: l'ossido di ferro scaldato alla stessa temperatura in presenza di una corrente d'idrogeno è scomposto da questo gaz, il quale si impadronisce dell'ossigeno, rigenera l'acqua e mette in libertà il ferro, perchè in presenza del vapore acqueo l'ossido di ferro presenta un equilibrio più stabile del ferro, ed in presenza dell'idrogeno l'equilibrio del ferro è più stabile di quello del suo ossido. Per un'analoga ragione i carbonati alcalini sciolti nell'acqua sono decomposti da un eccesso di acido solfidrico, ed i solfidrati sono a loro volta scomposti da un'eccedenza di acido carbonico... Affinchè siffatte trasformazioni abbiano luogo è però necessario che le nuove affinità sieno capaci di vincere lo

stato d'inerzia delle molecole esistenti. Così per esempio il solfato di soda non è decomposto da un eccesso d'acido borico perchè la tendenza di quest'acido a combinarsi con la soda non può vincere lo stato d'inerzia del solfato. Intanto se si scalda del solfato sodico con dell'acido borico formasi del borato sodico e dell'acido solforico perchè a temperie elevata i borati sono più stabili dei solfati.

Tra l'acetilene, l'idrogeno ed il carbonio ridotto in vapore dalla scintilla elettrica si stabilisce un equilibrio tale, che il mescuglio di acetilene e di idrogeno, fatto in proporzioni convenienti, non è alterato dalla scintilla; al contrario se l'acetilene domina, si decompone, se è in difetto se ne forma finchè le mentovate proporzioni sieno riprodotte, dimodochè l'equilibrio finale risulta da due reazioni contrarie che si limitano reciprocamente (Berthelot).

Il modo di trasformarsi dei corpi viene nel corso della trasformazione modificato ed anche cambiato se i prodotti che si formano sono capaci di far nascere delle nuove affinità. Nella reazione dell'acqua e del fosfuro di calce si sviluppa sulle prime del gaz idrogeno fosforato spontaneamente infiammabile, la cui spontanea accensibilità va successivamente diminuendo, e nel gaz ottenuto sul finire della reazione si rinviene una certa quantità d' idrogeno libero. La parte insolubile della poltiglia che resta dopo la reazione, consiste in fosfato ed idrato calcico, e nel liquore trovasi sciolto dell'ipofosfito calcico. Il fosfuro di calce consta di fosfato di calce neutro e di fosfuro di calcio CaPh; il primo di questi composti non si altera in presenza dell'acqua, il secondo si risolve in idrato calcico ed in fosfuro d' idrogeno liquido ($CaPh + 2H^2O = H^2Ph + CaH^2O^2$), il quale si decompone parzialmente in fosfuro d' idrogeno solido HPh^2 ed in fosfuro d' idrogeno gassoso H^3P ($5H^2Ph = 3H^3Ph + HPh^2$). A misura che la reazione progredisce, la quantità d'idrato calcico cresce e la sua presenza determina la decomposizione di una maggiore quantità di fosfuro liquido, di qui il perchè il gaz che si svolge diviene meno accensibile. Inoltre il fosfuro solido

reagisce sull'idrato calcico e sull'acqua, e genera ipofosfito di calce ed idrogeno libero:

$$HPh^3 + CaH^2O^2 + 2H^2O = CaH^4Ph^2O^4 + 3H.$$

Nelle trasformazioni chimiche come nelle altre trasformazioni, ora prevale l'attrazione ora la repulsione: nel primo caso le molecole che incominciano ad essere sono più dense e quindi più calde di quelle che hanno cessato d'essere, il contrario succede nel secondo caso. L'equilibrio delle molecole chimiche è tanto più stabile quanto più piccole sono le distanze e quanto meno numerosi sono gli atomi e le specie atomiche da cui sono formate. Le molecole chimiche offrono un numero d'armonie e di relazioni tanto maggiore quanto più grande è il numero degli atomi e delle specie atomiche che contengono. La materia tende ad un tempo a produrre degli organismi di più in più stabili ed armonici, e ad accrescere il numero delle relazioni e delle armonie. Ora nelle trasformazioni raggiunge contemporaneamente questi due fini, ora ne raggiunge uno a scapito dell'altro. Nella combinazione le molecole che si formano offrono più armonie di quelle che si sono sformate ed in generale sono anche più od egualmente stabili. Il contrario succede nella decomposizione. Nella sostituzione come pure nelle semplici trasposizioni le molecole generate hanno lo stesso numero di armonie delle generatrici ed in generale sono più stabili...

Le trasformazioni chimiche sono inseparabili dalle trasformazioni fisiche e da un cangiamento di aggregazione tra le molecole. Nello studiare le prime bisogna quindi non solo tenere conto delle affinità atomiche ma ancora dell'affinità che individua le molecole chimiche in molecole fisiche, e dell'attrazione che aggrega insieme quest'ultime e ne forma dei corpi di massa sensibile. L'affinità atomica varia non solo tra atomo ed atomo ma ancora, a parità di specie atomiche, secondo il numero degli atomi. Lo stesso dicasi delle altre affinità superiori. Le specie atomiche A e B si combinano ossia si individuano insieme se il numero degli atomi delle due specie è tale da poter produrre un sistema stabile, se le molecole chimiche che formano possono individuarsi in

molecole fisiche capaci di ordinarsi in sistemi maggiori altrimenti non si uniscono. Nelle trasformazioni chimiche le nuove affinità debbono non solo vincere l'inerzia atomica ma ancora l'inerzia chimica, e l'inerzia fisica. Quest'ultima è considerevole nei solidi, piccola nei liquidi e nulla nei gaz. Le trasformazioni chimiche hanno più facilmente luogo tra liquidi e liquidi che tra liquidi e solidi , tra liquidi e gaz: esse si effettuano difficilmente tra solidi e solidi e tra gaz e gaz, perchè nei solidi le nuove affinità hanno da vincere lo stato di coesione, e nei gaz gli atomi sono troppo distanti. Gli antichi avevano compreso l' influenza dello stato liquido sopra le reazioni, e dicevano, esagerandola: *corpora non agunt nisi soluta.* Il piombo ed il solfo, abbenchè dotati di affinità l'uno per l'altro, non si combinano, se la coesione non viene sufficientemente diminuita dal calore. La pressione eccita la combinazione dei gaz fra loro e dei gaz coi solidi e coi liquidi perchè avvicina gli atomi eterogenei in modo che possano attirarsi. La spugna di platino determina la combinazione dei gaz, per es. dell'ossigeno con l'idrogeno, perchè li condensa attorno alle sue proprie molecole e ne avvicina i loro atomi. L'acqua , sciogliendo l'ossigeno dell' aria , priva questo gaz della sua tensione elastica, lo condensa, e ne facilita la sua combinazione con gli altri corpi.

È così che i metalli si mantengono inossidati se l'aria è perfettamente secca, e si ossidano facilmente se l'aria è umida. Siccome però la ruggine che si forma sui metalli si compone di idrato e di carbonato metallico, così la loro alterazione non è solo prodotta dall'ossigeno ma anche dall'acqua e dall'acido carbonico. Calvert ha diffatti riconosciuto che il ferro non si ossida nell' ossigeno secco; si ossida difficilmente e leggiermente nell'ossigeno umido, e nell'ossigeno mescolato di acido carbonico, e che si ossida rapidamente nell'ossigeno umido mescolato di acido carbonico. Le vibrazioni dell'acqua e dell' acido carbonico tendono a far nascere la vibrazione dell'ossido di ferro onde accordarsi insieme e produrre le vibrazioni dell'idrato e carbonato ferrico. Può essere che il metallo si combini prima con l'ossigeno e poi con l'acqua o

con l'acido carbonico, oppure si combini contemporaneamente con l' ossigeno e con l' acqua, con l' ossigeno e con l'acido carbonico. Lo sviluppo di idrogeno che accompagna l'inrugginimento d'alcuni metalli proviene dalla decomposizione dell'acqua.

Vi hanno corpi eterogenei che agiscono e si combinano appena sono giunti a contatto, di quelli che occorre un'energia esterna per determinarne la combinazione, e di quelli che non possono combinarsi (idrogeno ed oro). Il iodo ed il fosforo portati in presenza tosto si combinano e formano del ioduro di fosforo: l'anidride solforica SO^3 versata nell'acqua si unisce subito con sviluppo di calore e formazione d'acido solforico H^2SO^4. L'ossigeno non si combina con l'idrogeno se non vi è indotto dalla scintilla elettrica, o da un corpo poroso, oppure dal calorico. Il solfo, il carbone ed in generale i corpi combustibili non si combinano con l' ossigeno dell'aria se il loro stato d'inerzia non è stato previamente diminuito da una sufficiente elevazione di temperatura. L'arso brucia più difficilmente del carbone ordinario perchè è più denso e più inerte, ma non bruciando che quando è molto caldo può innalzare la temperatura di più del carbone, di qui il perchè il primo serve meglio del secondo nelle operazioni metallurgiche per le quali si richiede un forte grado di calore.

La combinazione quando è accompagnata da sviluppo di fuoco ossia di luce e di calore chiamasi *combustione.* Gli atomi che producono la combustione cadono velocemente gli uni sugli altri e nell'individuarsi in molecole si condensano e crescono in un modo notevole le velocità che sono causa della luce e del calore. Uno dei due corpi tra cui ha luogo la combustione dicesi comburente e l'altro combustibile: il primo è elettronegativo, il secondo elettropositivo. I comburenti ed i combustibili sono corpi dotati di una grande affinità mutua, perocchè i moti dei loro atomi possono facilmente accordarsi insieme. Si annoverano fra i comburenti l'ossigeno, il cloro, il bromo, il iodo, l'azoto... Fra i combustibili il carbonio, i metalli, il solfo, i corpi orga-

nici... Lo stesso corpo può funzionare ora da combustibile ora da comburente. Il solfo quando si combina con l'ossigeno, con il cloro... funziona da combustibile, quando si combina con il carbonio, con i metalli... funziona da comburente. Il grado di calore e di luce che si produce nella combustione è tanto più grande quanto più i corpi si condensano, e quanto più rapidamente bruciano. Soffiando dell'aria o dell'ossigeno sopra i corpi che bruciano si rende più viva la combustione perchè si accresce la quantità d'ossigeno e di materia combustibile che si combina nell'unità di tempo e si aumenta proporzionalmente il grado di calore e di luce. Così un corpo che svolga bruciando 1000 calorie, se brucia in quattro minuti sviluppa 250 calorie per ciascun minuto; se brucia in un minuto solo sviluppa 1000 calorie in un minuto, di guisa da avere $ct = c't'$ in cui c e c' indicano il numero delle calorie svolte in ciascun minuto, e t t' il numero dei minuti impiegati per bruciare. Nella combustione dei corpi nell'aria, come nella maggior parte delle combustioni, il combustibile è da ogni parte circondato ed aggredito dal comburente; se si inverte l'ordine, la combustione si effettua egualmente ma con fenomeni alquanto diversi. Così se si fa bruciare un getto d'idrogeno nell'aria o nell'ossigeno si ottiene una fiamma scolorita poco luminosa, se poi si fa bruciare un getto d'ossigeno nel gaz idrogeno si ottiene una fiamma di color rosso porporino (Boillot).

La combinazione occasiona in generale sviluppo di calore, e produce delle molecole stabili e più dense delle generatrici: quando è accompagnata da abbassamento di temperatura, allora produce delle molecole assai instabili e meno dense delle generatrici. Queste molecole (anidride ipoclorosa, acqua ossigenata, cloruro d'azoto...) non si formano che sotto l'influenza di particolari energie e soprattutto di quelle che gli atomi spiegano quando sono allo stato nascente. Nell'azione del cloro sopra l'ossido mercurico HgO giallo sufficientemente riscaldato formasi del cloruro mercurico $HgCh^2$ e dell'anidride ipoclorosa Ch^2O, la cui formazione è determinata dall'energia particolare che si sviluppa nella genesi

del cloruro che rende allo stato nascente l'ossigeno. Lo stesso dicasi della formazione dell'acqua ossigenata H^2O^2 quando si fa agire il biossido di bario con dell'acido cloridrico...

La decomposizione è una trasformazione opposta alla combinazione ed è accompagnata da fenomeni eguali ed opposti. Se un corpo A nel combinarsi con un corpo B produce un effetto calorifico eguale a c, una variazione di volume eguale a v, e fa variare di n il numero delle molecole, il composto AB nel risolversi nei suoi componenti A e B produce eguali variazioni ma di segno contrario ed opposto. Se il composto AB nel formarsi ha svolto del calore, per decomporlo bisogna restituirgli il calore che ha perduto nell' atto della combinazione, se poi ne ha assorbito allora si decompone con grande facilità perchè contiene in se stesso la causa della sua decomposizione e non fa che svilupparla decomponendosi. Odling chiama *azioni chimiche dirette* quelle che cagionano condensazione e sviluppo di calore, ed *indirette* quelle che producono effetti contrarii, e paragona meritamente le prime alla caduta dei gravi, e le seconde all'elevazione dei gravi dal basso in alto, essendochè nelle azioni dirette gli atomi si avvicinano ai centri delle molecole, e nelle indirette vi si allontanano.

H. Deville chiamò *dissociazione* le parziali e progressive decomposizioni che certi composti, risultanti da un'azione chimica diretta, subiscono per un progressivo riscaldamento e la paragonò meritamente all'evaporazione. Come in questa le molecole fisiche, inalterate rimanendo le chimiche, si dividono in molecole più piccole, così in quella le molecole chimiche si dividono anche in molecole più piccole. Le molecole fisiche dell'acqua nell'atto dell'evaporazione si dividono e generano un maggior numero di molecole di vapore: due molecole chimiche d' acqua $= 2H^2O$ generano dissociandosi una molecola chimica d'ossigeno O^2 e due molecole chimiche d'idrogeno $2H^2$.

La dissociazione è come l' evaporazione accompagnata da aumento di volume delle molecole e da assorbimento di calore. L'acqua nel ridursi in vapore assorbe tanto calorico

quanto ne sviluppa il vapore nel convertirsi in acqua. L'acqua nel dissociarsi in ossigeno ed in idrogeno assorbe una quantità di calore eguale a quella che l'idrogeno e l'ossigeno svolgono nel combinarsi per produrre l'acqua. La tendenza che hanno i corpi a dissociarsi, o con altre parole la tensione di dissociazione varia come la tensione di evaporazione nei diversi corpi. Sottoponendo i carbonati di piombo $PbCO^3$, di calce $CaCO^3$, di barite $BaCO^3$, ad una temperatura abbastanza elevata, si trova che il primo carbonato si dissocia più facilmente in CO^2 e PbO che il secondo, il quale a suo turno si dissocia in CO^2 ed in CaO con maggior facilità del terzo, o con altre parole, a parità di temperatura, la tensione elastica del gaz acido carbonico CO^2 che si estrica, è nel secondo carbonato minore che nel primo, e maggiore che nel terzo.

Boussingault ha riconosciuto che i solfati di calce, di magnesia, di piombo si dissociano al calore bianco nella rispettiva base, calce, magnesia, ossido di piombo ed in prodotti volatili, che i solfati alcalini di potassa, di soda sottoposti al calore bianco non si dissociano ma cominciano ad evaporare ed alla temperatura della fusione del ferro, bollono e si dissociano in parte. L'aziono del calore eleva di più la temperie dei corpi che non svaporano che di quelli che evaporano, perchè nel primo caso una porzione di calore è consumata per produrre l'evaporazione. Lo stesso si osserva nei corpi che si dissociano. La tensione di dissociazione cresce, come la tensione di evaporazione, col crescere della temperatura, e si mantiene costante a ciascuna temperatura. Il chimico Debray ha riconosciuto: che lo spato di Islanda non incomincia a dissociarsi che ad una temperie un poco superiore ai 450: che alla temperie di 850 la dissociazione è assai sensibile e si arresta quando l'acido carbonico svoltosi nell'apparecchio esercita una tensione di 85 millimetri di mercurio: che alla temperatura di 1040 è molto più notevole e non si arresta che quando la tensione dell'acido carbonico è di 510, 520 millimetri: che se si ritira dall'apparecchio dell'acido carbonico la dissociazione continua, e se

si lascia raffreddare l'apparecchio l'acido carbonico è a poco a poco riassorbito, e la tensione diminuisce al diminuire della temperatura, e si rifà il vuoto: che la combinazione dell' acido carbonico colla calce non comincia che verso il rosso scuro; al dissopra di questa temperatura a 1040 gradi per es., la calce può assorbire dell' acido carbonico, se la sua tensione nell'apparecchio è superiore di 520 millimetri... Come in uno spazio limitato si può a volontà convertire il vapore in liquido e questo in quello, facendo variare la pressione o la temperatura, così, per analoghe variazioni, si può nell'apparecchio fare o disfare il carbonato di calce. Un aumento di pressione od abbassamento di temperatura induce la condensazione di una parte del vapore, o la combinazione di una parte di gaz acido carbonico colla calce, dimodochè la tensione del vapore da una parte e di dissociazione dall'altra, ritorna al valore che corrisponde alle nuove condizioni. La dissociazione è dunque nell'ordine chimico ciò che è la evaporazione nell'ordine fisico e sulla storia dell'una si può tracciare la storia dell'altra.

La tensione di evaporazione cresce finchè faccia equilibrio alla pressione dell'aria: a partire da questo punto e tensione e temperatura cessano di crescere. Lo stesso debbe avvenire della tensione di dissociazione, salvo che la pressione che ha da vincere è alquanto maggiore, perchè mentre le molecole fisiche sono immerse nell'atmosfera terrestre, le molecole chimiche trovansi immerse nell'atmosfera delle stesse molecole fisiche. Ciò posto, la temperatura dei corpi che si dissociano debbe anche cessare di elevarsi quando la tensione dei prodotti è eguale alla pressione dell'atmosfera molecolare, la quale trovasi in relazione colla pressione dell' atmosfera terrestre, e quando questa varia, quella varia anche e quasi sempre nel medesimo senso. La temperatura del vapore acqueo si eleva fino a 2500, e poi, giusta le sperienze di H. Deville, cesserebbe di elevarsi perchè a questa temperatura la tensione di dissociazione fa equilibrio alla pressione, e tutto il calorico viene consumato per decomporre l' acqua in idrogeno ed in ossigeno, come il calorico

che riceve un liquido in ebollizione non eleva più la temperatura, ma è intieramente impiegato per produrre la vaporizzazione.

Come per mezzo dell'evaporazione si separano i corpi volatili da quelli fissi o da quelli che sono meno volatili, così per mezzo della dissociazione si separano i corpi dissociabili da quelli che non lo sono, o che si dissociano più difficilmente. Così per es., si depura l'acetato sodico da certi corpi organici scaldandolo ad una temperatura a cui questi si dissociano in prodotti volatili ed in prodotti fissi insolubili nell'acqua. Si depura il solfato di zinco da quello di ferro profittando della proprietà che ha il secondo solfato di dissociarsi più facilmente del primo. La dissociazione, l'evaporazione, la soluzione, la fusione e la cristallizzazione sono i mezzi a cui si ricorre per separare i corpi gli uni dagli altri.

L'efflorescenza è una decomposizione analoga all'evaporazione e quindi alla dissociazione. La tensione del vapore emesso da un sale efflorescente (solfato, carbonato, fosfato di soda...) cresce colla temperatura e quando il sale fonde si mantiene costante pendente la fusione; un sale sfiorisce allorchè la tensione del suo vapore è superiore a quella del vapore acqueo esistente nell'atmosfera, alla temperatura dell'esperienza: al contrario un sale sfiorito si idrata nell'aria se la tensione del vapore contenuto nell'atmosfera è superiore a quella che emette alla stessa temperatura il sale sfiorito (Debray).

Le combinazioni indirette, contrariamente a quelle dirette, si decompongono con grande facilità ed elevano decomponendosi la temperatura. Così per es., l'idroioduro d'azoto toccato con un corpo solido tosto si decompone e sviluppa calore. L'effetto calorifico prodotto dalla scomposizione è opposto ed anche eguale a quello che si produce nella combinazione, se i corpi che si separano hanno la stessa costituzione che avevano prima di combinarsi: in caso contrario l'effetto calorico è opposto ma non eguale. Il fosforo ordinario, per es., ed il cloro svolgono nel combinarsi la stessa quantità di calore che assorbono nel separarsi dal cloruro

di fosforo, se assumono la stessa costituzione che avevano prima della combinazione, ma se il fosforo si separasse sotto forma di fosforo rosso, allora la quantità di calore assorbita nella decomposizione è più piccola di quella svolta nella combinazione perchè il fosforo rosso contiene meno calorico del fosforo ordinario.

Il calore, che i corpi sviluppano combinandosi, non può elevare la temperatura al di là di quella a cui la tensione di dissociazione del composto che si forma fa equilibrio alla pressione. La fiamma del cannello a gaz cloridrogeno non può acquistare, sotto la pressione atmosferica, una temperatura superiore a 1400, perchè a questa temperatura la tensione di dissociazione dell'acido cloridrico fa equilibrio alla pressione (H. Deville). Lo stesso autore ha anche riconosciuto che la temperatura fissa di combinazione dell'idrogeno e dell'ossigeno è, alla pressione di 500 millimetri, di 2500 gradi. A questa pressione la temperie massima della fiamma dei suddetti gaz è dunque di 2500, e non si può avere una temperie più elevata se non si aumenta la pressione, come senza accrescere un tale fattore non si può innalzare la temperatura di un corpo al di là di quella a cui bolle.

L' elettrico è una potenza analoga al calorico... e come questo può dissociare i composti restituendo loro le forze che hanno perduto nel formarsi. I metalli sono sempre condotti al polo negativo, l'ossigeno costantemente al polo positivo, e gli altri corpi all'uno o all'altro di questi due poli, secondo la natura dei composti in cui sono impegnati. Vi hanno corpi che resistono all'azione del calore e dell'elettrico e non si trasformano che col simultaneo concorso di più agenti. Così per es., l'alumina Al^2O^3 non è decomposta nè dal calorico nè dall'elettrico, nè dalla combinata azione del calorico e del carbone, del calorico e del cloro, ma se questi tre agenti, calorico, carbone e cloro agiscono contemporaneamente, allora si decompone, e formasi dell'ossido di carbonio e del cloruro d'aluminio $AlCh^3$. La causa che determina siffatte trasformazioni fu detta *affinità di concorso*, essendochè l'alumina fu indotta a decomporsi dal calore e

dalla simultanea affinità del carbonio per l'ossigeno e del cloro per l'aluminio.

La *sostituzione* è la trasformazione la più comune. Ha luogo sostituzione nell'azione degli acidi sulle basi, nell'azione mutua dei sali, nell'azione degli acidi sugli alcoli... La sostituzione ha luogo tra masse di eguale valenza. Un atomo od un radicale composto bivalente sostituisce un atomo od un radicale bivalente, o due atomi o radicali monovalenti... Chiamasi da alcuni accoppiamento la sostituzione di un radicale composto ad un radicale semplice. Così nell'azione dell'alcole etilico C^2H^5OH, sull'acido solforico SO^2, OH, OH, l'etile C^2H^5, sostituisce e resta a suo turno sostituito da un atomo di idrogeno dell'acido, per cui si forma dell'acido solfoetilico SO^2, OC^2H^5, OH e dell'acqua H^2O. L'acido solfoetilico sarebbe quindi un prodotto d'accoppiamento dell'alcole con l'acido solforico, o con altre parole dell'H^2SO^4 in cui H venne sostituito da C^2H^5. Si distingue la sostituzione semplice in virtù della quale un corpo ne scaccia un altro per prenderne il posto; e *la sostituzione* o *decomposizione doppia*, in virtù della quale due composti scambiano mutuamente alcuno dei suoi componenti e producono due composti nuovi. Si effettua una sostituzione semplice, quando per es. un metallo ne scaccia un altro da una combinazione per prenderne il posto: così il ferro Fe immerso in una soluzione di solfato di rame $CuSO^4$ si sostituisce al rame, e formasi del solfato di ferro $FeSO^4$ e si rende libero del rame. Succede una sostituzione doppia quando per es. due sali diversi nell'agire tra loro si barattano i metalli e generano due sali nuovi. La sostituzione in generale si effettua giusta *le leggi di Berthollet.*

Mescolando per mezzo di un liquido due composti in quantità equivalenti essi si decompongono in totalità mediante mutua sostituzione se possono generarne due altri od almeno uno che sia insolubile nel liquido in cui si opera. Quando si mescono soluzioni acquose di solfato d'argento Ag^2SO^4 e di cloruro di bario $BaCh^2$, oppure di ioduro potassico 2KI e di cloruro mercurico $HgCh^2$, i due sali portati in presenza si scompongono per intiero perchè nel primo caso per la

mutua sostituzione formansi due nuovi sali insolubili cloruro d'argento 2AgCh, e solfato di barite $BaSO^4$, e nel secondo caso formasi del ioduro mercurico HgI^2 insolubile e del cloruro potassico che sta sciolto 2KCh. Queste ed altre analoghe sostituzioni sono determinate non solo dall'affinità chimica, ma ancora dall'affinità fisica e dalla forza di coesione, in virtù delle quali formansi dei composti più densi di quelli che si sono sformati. L'eminente chimico Dumas confrontò il grado di condensazione dei corpi che si decompongono con quello dei corpi che si formano e precipitano, e trovò che i secondi erano più condensati dei primi. Gli elementi sono più condensati nel solfato di barite che in quello di stronziana, più nel solfato di stronziana che nel solfato di calce, più in questo che nel solfato di magnesia. La stessa relazione si osserva tra il cloruro d'argento, il calomelano, il cloruro di piombo ed il sublimato corrosivo. Il ioduro d'argento è più condensato che il bromuro, e questo più del cloruro dello stesso metallo. La doppia decomposizione in discorso è dunque determinata dalla produzione del composto il più condensato e dalla sua precipitazione.

Allorchè si mescono le soluzioni acquose di due sali, la scomposizione mutua è parziale se i due nuovi sali sono solubili e vi restano nel liquido quattro sali. Il chimico Malaguti per determinare le quantità dei sali decomposti adopera due sali solubili nell'acqua, di cui un solo sia insolubile nell'alcole, e suscettivi di produrre per doppia sostituzione due nuovi sali, uno dei quali almeno sia insolubile nell'alcole. Sciolti i due sali nell'acqua, per es. l'acetato potassico ed il solfato sodico; si versa, dopo un certo tempo, la soluzione in un volume d'alcole sufficiente per precipitare completamente i due sali insolubili in questo veicolo che sono il solfato di soda ed il solfato di potassa. Se non ebbe luogo scomposizione, il precipitato consiste in puro solfato sodico; se la scomposizione fosse totale, il precipitato consisterebbe in puro solfato potassico. Malaguti trovò mediante l'analisi, che il precipitato era composto di 64 parti di solfato potassico e di 36 parti di solfato sodico. Questo sperimento dimostra che

la quantità di solfato sodico scomposto sta alla quantità dello stesso solfato rimasto indecomposto come 64 sta al 36. Il prelodato chimico chiamò *coefficiente di scomposizione* la quantità di sale che si scompone. Nell'esempio citato, il coefficiente di scomposizione è 64. Malaguti trovò che il coefficiente di scomposizione dell'acetato di soda misto con solfato di potassa è 36, 5 numero quasi complementare di 64. Trovò che il coefficiente di scomposizione dell' acetato potassico e del nitrato di piombo è 92; quello dell'acetato di piombo e del nitrato potassico 9 numero quasi complementare di 92. Esaminò molte coppie saline e riconobbe che i coefficienti di scomposizione delle due coppie saline formate degli stessi elementi, ma inversamente combinati, sono sensibilmente complementari, e che gli acidi i più potenti tendono a combinarsi colle basi le più forti. Intanto Thomsen in questi ultimi tempi ha riconosciuto che non sempre le basi le più energiche tendono a combinarsi o restare combinate cogli acidi i più potenti. Mescolando equivalenti eguali di soda, di acido solforico, e d'acido nitrico previamente sciolti nell'acqua, succede che 2/3 della soda si combinano con l'acido nitrico ed 1/3 solamente con l'acido solforico. Lo stesso avviene quando si mescola un equivalente di acido nitrico con un equivalente di solfato di soda, oppure un equivalente di acido solforico con un equiv. di nitrato sodico. Thomsen chiamò *avidità* la tendenza più o meno grande degli acidi alla neutralizzazione ossia a combinarsi con le basi. L'avidità dell'acido azotico per la soda è doppia di quella dell' acido solforico. Rappresentando con la cifra 1 l'avidità dell' acido nitrico per la soda, quella dell'acido solforico è 0, 50; dell'acido cloridrico è anche 1; dell'acido bromidrico 0, 89; dell'acido iodidrico 0, 79; dell'acido fluoridrico 0, 05. . . . . La divisione di una base tra due acidi non si effettua quindi sempre in ragione delle affinità della base per i due acidi, perchè gli acidi solforico e fluoridrico hanno più affinità verso la soda degli altri acidi, se si prende per misura di queste affinità i loro calori di neutralizzazione, i quali sono per l' acido solforico di 15689 calorie, per l' acido fluoridrico

di 16272 cal., per l'acido cloridrico di 13740, per l'acido azotico di 13617, per l'acido bromidrico di 13748 e per l'acido iodidrico di 13676 calorie (Thomsen).

Landrin esaminò come una quantità limitata d'acido nitrico si divide tra due basi adoperate in eccesso, e trovò che le proporzioni equivalenti d'ossidi disciolti sono tra loro come i numeri semplici 1 sta a 2, a 3, a 4; 3 sta a 4... e che sembra esistere una certa relazione tra la formazione più o meno grande del sale e la sua solubilità nell'acqua. Quando per es. l'acido nitrico agisce sopra un mescuglio d'ossido di zinco e di piombo per 1 equiv. d'ossido di piombo vi ha 4 equiv. d'ossidi di zinco disciolti: lo stesso avviene adoperando un mescuglio di carbonato di piombo e di zinco. Allorchè lo stesso acido opera sopra un mescuglio di carbonato di piombo e di rame per 3 equiv. d'ossido di piombo vi hanno 4 equiv. d'ossido di rame disciolti. Se invece dei carbonati di piombo e di rame si adoperano gli ossidi l'acido discioglie l'ossido di piombo e non attacca quello di rame. Lo stato in cui si trova la base esercita dunque un'influenza sulla sua attitudine a combinarsi con gli acidi.

Bettendorff, appoggiato alle proprietà spettroscopiche del cloruro e dell'acetato ferrico, ha riconosciuto, contrariamente alla teoria dell'affinità di Berthollet, che il cloruro ferrico e l'acetato potassico sciolti nell'acqua e quindi mescolati in quantità sufficiente, si decompongono completamente in cloruro potassico ed in acetato ferrico, quantunque questi due sali restino anche sciolti nell'acqua, e reciprocamente che l'acetato ferrico ed il cloruro potassico mescolati insieme non generano quattro sali, ma si mantengono indecomposti l'uno a fronte dell'altro nella soluzione. Bisogna dunque che il grado d'equilibrio e di armonia dell'acetato ferrico e del cloruro potassico sia molto maggiore di quello del cloruro ferrico e dell'acetato potassico. Berthelot e S. Martin hanno anche riconosciuto che gli acetati alcalini in soluzione sono totalmente decomposti dagli acidi solforico, cloridrico, ossalico ed anche tartarico.

Due sali mescolati insieme e poi scaldati a temperatura

sufficientemente elevata generano per via di mutua sostituzione due nuovi sali se uno di essi è più volatile o più fusibile di quelli che esistono. Così scaldando un mescuglio di solfato mercurico $HgSO^4$ e di cloruro di sodio $2NaCh$ formasi del cloruro mercurico $HgCh^2$ che si sublima, e del solfato sodico Na^2SO^4 che rimane fisso. Nelle sostituzioni totali per via umida l'un composto rimane in soluzione e l'altro in generale precipita, nelle sostituzioni totali per via secca l'uno composto resta fisso e l'altro si volatilizza o si separa in forma liquida. Le sostituzioni per via secca si effettuano in un modo opposto a quelle per via umida, perchè nelle prime prevale la forza repulsiva mentre nelle seconde in generale prevale la gravitazione. Così se si scalda un mescuglio di solfato ammonico e di carbonato calcico formasi del carbonato ammonico che si sublima e del solfato calcico che resta fisso, se poi si mescolano soluzioni acquose di solfato di calce e di carbonato ammonico si produce del carbonato di calce che precipita, e del solfato ammonico che rimane in soluzione.

Le sostituzioni per via secca sono accompagnate da assorbimento di calore perchè la forza repulsiva fa espandere le molecole; le sostituzioni per via umida, tranne poche eccezioni, sono accompagnate da sviluppo di calore perchè la forza d'attrazione fa condensare le molecole. L'effetto calorifico che si produce nelle sostituzioni è uguale alla differenza che passa tra la somma degli effetti calorifici dei corpi che si scompongono e la somma degli effetti calorifici dei corpi che si formano. Un equivalente di soda nel combinarsi coll'acido solforico idratato sviluppa 15689 calorie, nel combinarsi coll'acido nitrico ne sviluppa 13617; l'acido solforico nello scacciare l'acido nitrico dal nitrato di soda sviluppa $15689 - 13617 = 2072$ calorie, e l'acido nitrico nell'espellere l'acido solforico dal solfato sodico ne assorbe $13617 - 15689 = -2072$ (Thomsen). L'effetto calorifico del solfato ramico è di 7720 calorie, quel del solfato ferroso di 10455, l'effetto calorico che si produce nell'atto che il ferro si sostituisce al rame è di $10455 - 7720 = 2735$ calorie. L'effetto

calorifico del cloruro di piombo ossia la quantità di calore che il cloro sviluppa nel combinarsi col piombo è di 44730 calorie, quello del ioduro potassico è di 77268; totale 121998, nella doppia sostituzione di questi due sali si produce del ioduro di piombo, il cui effetto calorifico è di 23207, e del cloruro potassico il cui valore calorifico è di 100960; totale 134167: il calorico che si sviluppa nell'atto della doppia sostituzione è dunque $= 134167 - 121998 = 12169$ calorie.

Nel misurare gli effetti calorifici prodotti dalle sostituzioni per via umida bisogna tenere conto del grado di diluzione essendochè le molecole fisiche di un soluto variano al variare della quantità dello sciogliente: ora si condensano di più ed elevano la temperatura, ora si condensano di meno e la abbassano. Inoltre la variazione nella quantità dello sciogliente può far variare la quantità dei corpi che mutuamente si decompongono e modificare lo stato d'equilibrio ed il grado di condensazione delle molecole chimiche che si formano.

Marignac ha riconosciuto che: le soluzioni acquose contenenti una sola sostanza, oppure due corpi non suscettivi di decomporsi, allungate con un eguale volume d'acqua danno luogo ad una sensibile variazione di temperatura: ha luogo abbassamento di temperatura con l'acido azotico, gli azotati, solfati, carbonati e cloruri di potassio e di sodio, ed elevazione di temperatura per gli azotati di piombo e di calce, per l'acido solforico, il cloruro di calcio, l'acido cloridrico, i solfati di zinco, di magnesia...: il mescuglio di due soluzioni saline non suscettive di decomporsi è anche accompagnato da variazione di temperatura: il mescuglio di due soluzioni saline suscettive di dar luogo a doppia decomposizione producono un effetto termico diverso a seconda del loro grado di diluzione, così per es. la soluzione acquosa di un equivalente di acetato di soda mescolata con la soluzione di un equiv. di solfato aluminico assorbe una quantità di calore tanto maggiore quanto più grande è il grado di diluzione; quando sono sciolti in 10 parti d'acqua assorbono 2454 calorie, quando sono sciolti in 140 parti ne assorbono 2827, in 160 ne assorbono 3047. Marignac ha pure ricono-

sciuto non essere indifferente, al punto di vista degli effetti termici prodotti, di mescolare due soluzioni concentrate, e di allungarle d'acqua dopo il mescolamento, o di mescolarle dopo averle diluite separatamente. La differenza dei risultati ottenuti è sempre stata in un senso tale, da potersi spiegare, ammettendo che la diluzione dopo il mescuglio delle soluzioni concentrate, non induce completamente, o forse immediatamente, lo stesso stato d'equilibrio di quello che si produce per il mescolamento delle soluzioni precedentemente diluite. Mescolando un soluto acquoso di acido solforico ad 1/10 contenente cioè una parte di acido e dieci parti d'acqua, con un soluto acquoso di nitrato sodico ad 1/10, e quindi allungando il mescuglio con sette volte il suo volume d'acqua si sviluppano in totale 342 calorie; se prima di mescolare i due soluti ad 1/10 si diluiscono con sette volte il loro volume d'acqua ossia si riducono ad 1/80 allora si svolgono in totale 430 calorie. Una tale differenza nell'effetto termico dipende dacchè nel secondo caso le molecole si sono condensate di più che nel primo, o dacchè nel primo caso si è decomposto meno nitrato che nel secondo, oppure dall'una e dall'altra cagione.

Berthelot e Pean di S. Gilles fecero delle ricerche sull'affinità che gli acidi e gli alcoli spiegano tra di loro. Nell'azione di un acido sopra un alcole, formasi per doppia sostituzione un etere composto e dell'acqua, finchè la tendenza che ha quest'ultima a sdoppiare l'etere nei suoi componenti faccia equilibrio alla tendenza che l'alcole e l'acido hanno ad accoppiarsi per generare l'etere. I prefati autori hanno riconosciuto: 1° che la quantità d'alcole eterificato varia al variare delle quantità d'acido, ed a parità di questi due corpi cresce col tempo fino ad un limite fisso e poi si arresta; 2° che la presenza di un liquido estraneo alla reazione rallenta la formazione dell'etere; 3° che la decomposizione degli eteri per l'acqua e la reazione degli acidi sopra gli alcoli in presenza dell'acqua si operano secondo delle proporzioni equivalenti ad un di presso costanti, qualunque siano gli acidi e gli alcoli adoprati; 4° che la decomposizione di un

etere cresce con la quantità dell' acqua e non diviene completa anche in presenza di un grande eccesso d' acqua."

La decomposizione mutua di un acido e di un alcole si può paragonare a quella di due sali sciolti nell'acqua che ne generano due altri solubili, colla differenza che nel primo caso si trovano in presenza quattro specie di molecole chimiche (acido, alcole, etere ed acqua) e nel secondo cinque specie (quattro sali e l'acqua), che la prima reazione si opera di una maniera lenta e progressiva, e la seconda in un modo rapido. La quantità d'acido acetico, per es. eterificato in un mescuglio di alcole e di acido acetico presi ad equiv. eguali, ad una temperatura compresa tra 5 e 9 è dopo due giorni di 1,8 per 100, dopo 20 giorni di 11,8 per 100, dopo 95 giorni di 30 per 100...

La monade chimica può nelle trasformazioni decomporsi oppure semplicemente modificarsi nel volume e nella forma. Nel primo caso i fenomeni da cui sono accompagnate debbono essere più vivi, e le variazioni da cui sono seguite più profonde che nel secondo caso. Chevreul distingue l' affinità di antagonismo e quella senza antagonismo. Alla prima riferisce le azioni chimiche le più intense, la combustione, la combinazione degli acidi colle basi... alla seconda le trasformazioni chimiche che si effettuano quando uno dei componenti è allo stato nascente, le sostituzioni, le azioni che hanno luogo nelle piante e negli animali. Le monadi chimiche debbono decomporsi nella combustione, nella decomposizione, nella trasformazione della materia minerale in materia organica e di questa in quella, non debbono decomporsi nelle sostituzioni e nelle trasposizioni.

La trasposizione o metatesi chimica consiste in un semplice cangiamento di disposizione degli atomi determinato dal calore, da agenti chimici o da altre condizioni estrinseche. L'ossido di cromo, la zirconia, l'alumina, che preparati coi metodi ordinari si disciolgono negli acidi senza difficoltà, riscaldati ad un'alta temperatura, diventano ad un tratto incandescenti, si contraggono, e non sono più attaccati dagli acidi. L'acido arsenioso trasparente in contatto dell' ammo-

niaca, senza cangiare di composizione, acquista svolgendo del calore delle nuove proprietà, diviene opaco, più solubile nell'acqua... Nella trasformazione in discorso ora gli atomi si limitano a variare le distanze, ora variano ancora le loro relative posizioni. Negli esempi addotti gli atomi hanno probabilmente cangiato solo in quanto alle distanze perchè le variazioni delle proprietà furono poco notevoli. Per lo contrario quando l'idrobenzamide $C^{21}H^{18}N^{2}$ riscaldato a 120 si converte in amarina, gli atomi debbono cambiare di distanza e di posizione, perchè assai notevoli sono le differenze che corrono tra i due indicati corpi. Mentre l'Idrobenzamide è un corpo neutro ed innocuo, l'amarina è una base alcalina velenosa come la stricnina.

I corpi dotati di proprietà diverse che hanno la stessa composizione centesimale e la stessa formola bruta diconsi *isomeri*. L'amarina è dunque isomera con l'idrobenzamide, l'acido arsenioso vetroso è isomero con l'acido arsenioso opaco... I corpi isomeri stati generati da componenti diversi diconsi *metameri*. L'etere metilacetico $C^{3}H^{6}O^{2}$ risultante dall'accoppiamento di una molecola di alcole metilico $CH^{3}OH$ con una molecola d'acido acetico $C^{2}H^{3}OOH$ è metamero con l'etere formico che formasi per l'accoppiamento di una molecola di alcole etilico $C^{2}H^{5}OH$ con una molecola d'acido formico $CHOOH$. Il primo fatto agire con soluzione acquosa di potassa si risolve in alcole metilico ed in acetato potassico e si esprime con la formola razionale $C^{2}H^{3}OOCH^{3}$; il secondo sotto l'azione dello stesso agente si converte in formiato potassico ed in alcole etilico e viene indicato con la formola $CHOOC^{2}H^{5}$. Assai numerosi sono in chimica organica gli esempi di corpi metameri.

Chiamasi *allotropia* l'isomeria dei corpi elementari ossia la virtù che ha lo stesso elemento di produrre dei corpi dotati di proprietà diverse. I cangiamenti allotropici dei corpi elementari sono come i cangiamenti isomerici dei corpi composti accompagnati da variazione di temperatura è quindi da una variazione nel grado oppure nel grado e modo di condensazione dei corpuscoli. Allotropire un corpo vuol dunque

dire determinarlo per mezzo di appropriate condizioni a variare il grado oppure il grado e modo di condensazione e quindi di vibrazione dei corpuscoli da cui è formato.

Il ferro ordinario, portato a contatto dell'acido azotico fumante, si allotropisce ed acquista delle nuove proprietà, perchè le vibrazioni delle molecole dell'acido hanno indotto quelle del ferro a variare il loro modo di essere e di vibrare. Il silicio combustibile scaldato ad alta temperatura si allotropizza e diventa incombustibile. Il cloro, il fosforo... lasciati per certo tempo esposti alla luce solare si allotropiscono. L'ossigeno normale sottoposto all'influenza di ripetute scariche elettriche viene allotropito e convertito in ozono, e quasi tutti i corpi elementari si presentano sotto stati allotropici diversi. Il diamante, la grafite ed il carbone ordinario sono tre stati allotropici del carbonio. Il boro, il silicio presentano anche tre stati allotropici analogi. Il solfo è un elemento che si allotropisce con facilità. Si conosce del solfo giallo e fragile, del solfo rosso e molle, del solfo nero, del solfo solubile nel solfuro di carbonio e di quello che è insolubile in questo liquido. Il solfo ordinario per mezzo della tempera assorbe del calore e diventa rosso, molle e viscoso: il solfo molle scaldato a circa 100 gradi sviluppa del calore elevando la temperatura a 110 e si converte in solfo ordinario. Il fosforo ordinario nel convertirsi in fosforo rosso sviluppa del calore, e questi nel convertirsi in quello ne assorbe una quantità eguale.

Ogni trasformazione è preceduta da un allotropimento dei rispettivi corpuscoli. I tre generi di corpuscoli, atomi, molecole chimiche e molecole fisiche che formano i corpi possono allotropirsi indipendentemente gli uni dagli altri. Si debbe quindi distinguere l'allotropia atomica, l'A chimica e l'A fisica. La prima di queste allotropie fa variare di più le proprietà della seconda, e la seconda di più della terza. Il silicio grafitoide differisce meno dal silicio adamantino, di quello che differisca dal silicio combustibile, locchè debbe dipendere da che i due primi silicii variano solamente tra di loro in quanto alla condensazione fisica e chimica, mentre

il terzo silicio differisce dagli altri due in quanto alle condensazioni fisica, chimica ed atomica. Per eguali ragioni il fosforo ordinario differisce meno dal fosforo nero di quello che differisca dal fosforo rosso. I nuovi contatti sono cagioni che inducono i corpi ad allotropirsi, inquantochè per essi si variano le armonie: esiste dunque una relazione tra i *fenomeni detti di contatto o catalitici* e quelli di allotropia, i primi sono causa determinatrice dei secondi. Il solfo insolubile messo a contatto dell'alcole freddo si allotropisce e diviene dopo tre giorni, in gran parte solubile nel solfuro di carbonio: il solfo solubile fuso o sciolto nel solfuro di carbonio sotto l'azione della luce si allotropisce e diviene insolubile. In presenza del fosforo o del platino l'ossigeno comune si allotropisce ed acquista la virtù di ossidare l'acido solforoso, l'alcole, la tintura di guaiaco, l'endaco...

L'acido ossalico aggiunto all'ossamide umettata d'acqua la induce a combinarsi con l'acqua per formare l'ossalato ammonico. Il platino non si discioglie nell'acido nitrico, ma se trattasi con quest'acido una lega di platino e di argento, l'acido nell'atto che discioglie l'argento allotropisce il platino e lo induce a disciogliersi anch'esso. Allo stesso modo il rame che a freddo è insolubile nell'acido solforico, vi si discioglie facilmente quando trovasi unito allo zinco ed al nichelio. Può anche essere che i mentovati metalli abbiano acquistato la virtù di unirsi ai discorsi acidi nell'atto che si sono allegati con gli altri metalli.

Nelle trasformazioni si debbe distinguere il momento in cui i corpuscoli si allotropiscono, il momento in cui sformano le molecole, il momento in cui ne formano delle altre, ed infine il momento in cui le nuove molecole per accordarsi ed armonizzarsi con le altre svolgono od assorbiscono della forza eterea secondochè la loro formazione è stata accompagnata da diminuzione od aumento di temperatura (velocità). I tre primi momenti sono immensamente brevi, il terzo dura finchè le velocità si sieno accordate ed armoneggiate. La forza eterea viene svolta od assorbita sotto forma di luce, di elettrico ma soprattutto in forma di calore. Si

misura l'effetto calorifico che accompagna una trasformazione, facendo reagire determinati pesi di materia in stromenti detti calorimetri, e dalla loro variazione di temperatura, si giudica dell'effetto calorifico ossia della quantità di calore svolta od assorbita, essendo noto il calorico specifico dei corpi che formano il calorimetro. Se per es. in una data trasformazione la temperatura del calorimetro composto di 500 grammi di rame che ne formano il vaso e di 1200 grammi d'acqua si elevò di cinque gradi, la quantità di calore svolta sarà $1200 \times 5 + 500 \times 5 \times 0,095 = 6237$ calorie, in cui 0,095 esprime il calorico specifico del rame. La caloria sarebbe espressa dalla quantità di calore richiesta per elevare d'un grado la temperie di un grammo d'acqua. Si è chiamato *equivalente calorifico* la quantità di calore che un equivalente di un composto sviluppa od assorbe nell'atto che si forma per la combinazione dei suoi componenti. Un grammo ossia un equivalente di idrogeno nel combinarsi con otto grammi di ossigeno per produrre nove grammi ossia un equivalente d'acqua sviluppa 34462 calorie; l'equivalente calorifico dell'acqua è dunque rappresentato da questo numero. L'equivalente calorifico è positivo o negativo secondochè esprime la quantità di calore svolta od assorbita. Otto grammi d'ossigeno (un equiv.) nel combinarsi con 35,5 (un equiv.) di cloro assorbono giusta le sperienze di Favre e Silbermann 7370 calorie; l'equiv. cal. dell'anidride ipoclorosa è dunque negativo ed eguale a — 7370. L'equivalente calorifico delle combinazioni dirette è positivo, quello delle combinazioni indirette negativo: ed è tanto maggiore quanto più nel primo caso gli atomi sono caduti ossia si sono condensati, e nel secondo caso quanto più si sono allontanati. L'intensità con cui gli atomi gravitano intorno al centro delle molecole chimiche o con altre parole l'affinità atomica è tanto più grande quanto più gli atomi sono prossimi al centro. Risulta quindi che due corpi si attirano tanto più quanto maggiore è la quantità di calore che sviluppano nel combinarsi, e che l'equivalente calorifico si potrebbe anche chiamare *equivalente affinitorio* in quantochè serve a misurare il grado di affinità

dei corpi. L'equivalente calorifico dell'ossido potassico è di 76238 cal., dell'ossido di rame di 21885 cal., dell'ossido di argento di 6112 cal.... ebbene l'ossigeno ha più affinità verso il potassio che verso il rame, più verso il rame che verso l'argento. Il primo metallo scaccia il secondo dalle sue combinazioni, il secondo ne scaccia il terzo. L'acqua ossigenata, l'acido ipocloroso, gli acidi iodidrico, solfidrico, selenidrico... hanno un equivalente calorifico negativo ed i loro elementi stanno uniti insieme con un'affinità debolissima e si separano con grandissima facilità.

Se, tranne pochissime eccezioni, il corpo che sviluppa più calore scaccia da una combinazione quello che ne sviluppa di meno ne consegue che le considerazioni termochimiche possono servire di guida nella scelta delle reazioni destinate a preparare questo o quell'altro composto. Berthelot e Longuinine hanno testè riconosciuto che quando in una molecola organica H è sostituito da Ch si sviluppano 6000 cal., da Br se ne assorbono 2000, da I 14000, ai quali effetti calorifici aggiungendo quelli risultanti dalla combinazione di H col corpo alogeno si ha che nella sostituzione di Ch ad H si svolgono 30000 cal., di Br ad H 4800, di I ad H vengono assorbite 18000 cal. La sostituzione semplice e diretta del cloro al bromo, al iodo ed all'idrogeno, quella del bromo al iodo si producono dunque necessariamente senza il concorso di alcuna energia straniera perchè svolgono del calore; la sostituzione semplice e diretta del bromo all'idrogeno non si produrrebbe alla temperie ordinaria, se l'idrogeno divenisse libero; ma dessa ha luogo per l'energia tolta alla formazione simultanea dell'acido bromidrico; la sostituzione semplice e diretta del iodo all'idrogeno non è possibile sia che si renda libero del iodo, sia che passi allo stato d'acido iodidrico. Essa non diviene possibile che per il concorso di qualche energia straniera.

La cognizione dell'equivalente calorifico può servire a determinare la quantità della trasformazione, essendochè se una quantità m di una data sostanza nel trasformarsi produce un effetto calorico eguale a c, una quantità eguale a $2m$, $3m$, $4m$

produrrà un effetto calorifico $= 2c$, $3c$, $4c$, di guisa che se dalla quantità di materia trasformata si può dedurre l'effetto calorifico, dalla quantità di questo si deduce la quantità di quella perchè $m : c :: x : c'$; $m : c :: m' : x$. L'equiv. calorifico può anche servire a calcolare le quantità relative dei corpi che formano un mescuglio. Dalla conoscenza della quantità c di calorico che per es. l'acido solforico sviluppa nel combinarsi con una quantità n di un misto di potassa e di soda si può calcolare la quantità di potassa e di soda che si trova nel mescuglio. Sia a la quantità di calorico che sviluppa n di potassa, sia b quella che sviluppa n di soda nel combinarsi a saturazione con l'acido solforico. Indicando con d la differenza che passa tra a e b; con d' la differenza tra a e c; con δ la differenza tra b e c. La quantità di potassa è $= \frac{\delta}{d}$; la quantità di soda è $= \frac{d'}{d}$.

La forza eterea che si sviluppa nelle trasformazioni dirette si trovava nei corpi che si sono trasformati allo stato latente e con altre parole allo stato di *potenza distanziale* che alcuni meccanici chiamano *energia potenziale*. Allorchè si svolge sotto più forme, la quantità che se ne sviluppa sotto una forma è tanto più piccola quanto più grande è quella sviluppatasi sotto altre forme. L'illustre chimico Favre ha riconosciuto « 1° che la quantità di calore sviluppato dal passaggio della corrente elettrica in un circuito voltaico qualunque, è rigorosamente complementaria di quella che è svolta nel seno della pila; queste due quantità compongono una somma, che è uguale al calore totale che sarebbe generato dalla stessa reazione chimica della pila indipendentemente da qualunque corrente elettrica. 2° Che nelle decomposizioni chimiche operate dalla corrente elettrica è assorbita quella stessa quantità di calore che si richiede allorchè quelle decomposizioni sono l'effetto di cagioni diverse dall'elettricità. Il calore impiegato dalla decomposizione elettrochimica è sempre una porzione del calore totale svolto dall'azione chimica della pila ». La forza che nelle trasformazioni passa dallo stato potenziale allo stato attuale, supposto che si svolga intieramente in forma

di calore, e che tutto il calore venga impiegato a produrre un lavoro meccanico è uguale alla quantità di calore moltiplicata per l'equivalente dinamico ossia per 425. Sei grammi di carbonio combinandosi con 16 grammi d'ossigeno per formare l'anidride carbonica sviluppano 48480 cal., e producono quindi un lavoro meccanico $= 48,480 \times 425 = 20604$. Per determinare l'energia potenziale dei combustibili ordinarii si esamina la quantità di calore che svolgono oppure la quantità di ossigeno che consumano bruciando, essendochè la prima quantità cresce col crescere della seconda. Per determinare la quantità d'ossigeno che un combustibile consuma nel bruciare, si mescola, dopo averlo ben polverizzato, con 40 volte circa il suo peso di litargirio (protossido di piombo) e si riscalda il mescuglio in un crogiuolo di terra ad un alto grado di calore. Il litargirio si fonde e somministra l'ossigeno occorrente all'ossidazione totale del corpo combustibile, mentre il piombo ridotto, essendo più denso, si raccoglie in fondo del vaso. Dalla quantità di piombo ottenuto si calcola la quantità di ossigeno che il corpo ha consumato e quindi il suo potere calorifico. Per avere un termine di confronto, basta conoscere che il carbonio assolutamente puro darebbe con questo trattamento una quantità di metallo 34 volte maggiore. Ebbene si è trovato che una parte di legno di quercia fornì 12,5 di piombo; di torba di Ham 12,3; di lignite di Eden 17,0; di litantrace di Epinac 26,8; di coke ordinaria 30,0; di carbone di quercia 31,3... I numeri precedenti esprimono il potere calorifico relativo dei corpi che si sono indicati. A parità di ossigeno consumato la fiamma di una lampada ordinaria, quella del legno sviluppa meno calore di quella del gaz luce, perchè nel primo caso una porzione di calore è consumata per decomporre la materia grassa, il legno. Il gaz luce in presenza dell'aria e di un corpo acceso tosto si infiamma, non così si comporta lo stoppino di una lampada o di una candela, perchè il calorico dapprincipio viene intieramente consumato per decomporre la sostanza grassa e generare il gaz combustibile. Si com-

prende quindi il perchè le fiamme del gaz luce sono assai più calde di quelle delle lampade ordinarie e delle candele.

Nelle trasformazioni dirette le molecole perdono in volume quanto guadagnano in velocità o con altre parole perdono in energia potenziale quanto guadagnano in energia attuale, in quelle indirette guadagnano in volume quanto perdono in velocità. Il volume dei corpi, dipendendo non solo da quello delle molecole, ma ancora dalla loro disposizione ossia dai vani più o meno grandi che lasciano tra loro, può variare nello stesso senso oppure in senso opposto od anche non variare a seconda del rapporto che passa tra la disposizione delle molecole nei corpi prima e dopo la trasformazione. L'esperienza c'insegna che i composti la cui formazione diede luogo a sviluppo di calore, come siasi in essi stabilito l'equilibrio di temperatura, ora hanno un volume più piccolo di quello dei corpi generatori, per es. l'acqua, l'anidride solforosa, ora hanno un volume più grande per es. il ioduro mercurico, i prodotti della trasformazione della pirossilina, della polvere da sparo, ora hanno un volume eguale, per es. il gaz acido cloridrico. Le soluzioni acquose delle basi, ammoniaca, etilammina, nicotina nell'unirsi cogli acidi si scaldano e si condensano; mentre quelle delle basi, potassa, soda, calce, barite, litina, ossido di tallio, di tetraetilammonio si scaldano e crescono di volume (I. Regnault). Lo stesso dicasi dei composti stati generati da trasformazioni indirette. In generale però succede che il volume dei corpi varia nello stesso senso di quello delle molecole. La formazione degli ossidi, cloruri, solfuri metallici è accompagnata da sviluppo di calore e da diminuzione di volume dei corpi. I carbonati metallici nel decomporsi in CO^2 ed in ossido metallico assorbono del calorico e crescono di volume. Il solfo molle nel convertirsi in solfo fragile, il fosforo ordinario nel trasformarsi in fosforo rosso..... sviluppano del calore e si condensano.

Il calorico specifico dei corpi, a parità delle altre condizioni, è tanto maggiore quanto più grande è il loro calorico di costituzione, perchè tanto più grande è il calorico latente

tanto maggiore è la superficie descritta da un dato aumento del calorico sensibile, o con geometrici termini tanto più grandi sono le distanze tanto maggiore è la superficie che descrive un dato aumento della curva nell'unità di tempo. Ciò posto il calorico specifico dei corpi debbe diminuire se diminuisce il loro calorico di costituzione e reciprocamente. Ed è appunto ciò che in generale succede. Il calorico specifico del fosforo rosso (0,1698) è più piccolo di quello del fosforo bianco (0,1887); il calorico specifico del solfo fragile è più piccolo di quello del solfo molle. Ma questa legge offre molte eccezioni dipendenti da una differenza del coefficiente di dilatazione e dalla grandezza delle molecole, perchè, a parità di calorico di costituzione, il calorico specifico cresce col crescere della dilatazione e della grossezza delle molecole.

Nelle trasformazioni la materia non si crea nè si distrugge, ma cangia solo in quanto alla forma ed al modo di muoversi; essa cessa di manifestarsi in un modo ed incomincia a manifestarsi in un altro modo. Le trasformazioni prendono nomi diversi secondo le forme che cangiano: esse sono tanto più profonde quanto più piccole e più numerose sono le specie delle forme che si sono trasformate. Le trasformazioni fisiche sono meno profonde delle chimiche perchè nelle prime le forme delle molecole chimiche non cangiano ma solo quelle delle molecole fisiche e dei corpi, mentre nelle seconde cangiano anche le forme delle molecole chimiche e debbono solo rimanere inalterate le forme degli atomi, essendochè i corpi elementari nel separarsi dai diversi composti che hanno formato riprendono le qualità che prima avevano, locchè non dovrebbe avere luogo se le forme atomiche avessero cangiato. L'idrogeno che si separa dall'acqua ha le stesse proprietà di quello che si ottiene dall'acido cloridrico o da un altro composto idrogenato. Lo zinco che si estrae dal solfuro ha gli stessi caratteri che quello che si separa dal carbonato, dal silicato o da un altro composto di zinco. Nelle trasformazioni chimiche la forma ed il numero degli atomi non cangiano, ma solo le forme ed il più delle volte anche

il numero delle molecole sia chimiche che fisiche. Le trasformazioni chimiche possono quindi essere rappresentate per mezzo di un' equazione in cui il primo membro comprende le formole dei corpi prima della trasformazione, ed il secondo quelle dei corpi che si sono formati. Le equazioni chimiche servono a rappresentare in un modo chiaro e conciso il meccanismo delle trasformazioni. Così le reazioni diverse che avvengono nella fabbricazione dell' acido solforico nelle camere di piombo si esprimono con le seguenti equazioni:

$$(1)\quad S + O^2 = SO^2$$

$$(2)\quad SO^2 + 2HNO^3 = H^2SO^4 + 2NO^2$$

$$(3)\quad 2NO^2 + H^2O = HNO^3 + HNO^2$$

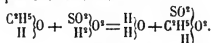
$$(4)\quad 3HNO^2 = H^2O + HNO^3 + 2NO$$

$$(5)\quad NO + O = NO^2.$$

Dalle quali equazioni risulta che con una piccola quantità d'acido nitrico HNO^3 si può convertire una quantità indeterminata di anidride solforosa SO^2, formatasi per la combustione del solfo o delle piriti, in acido solforico H^2SO^4, perchè l'ipoazotide NO^2 e l'ossido d'azoto NO rigenerano l'acido nitrico in presenza dell'acqua e dell'aria, finchè in questa vi è dell' ossigeno. Le equazioni chimiche possono esprimersi colle formole brute ovvero con quelle razionali o di costituzioni. L' acido solforico reagendo con l' alcole produce dell'acqua e dell'acido solfoetilico: questa trasformazione si può esprimere coll'equazione bruta:

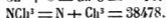
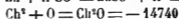
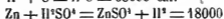
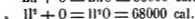
$$C^2H^6O + H^2SO^4 = H^2O + C^2H^6SO^4,$$

ovvero coll'equazione razionale

$$\left.\begin{matrix} C^2H^5 \\ H \end{matrix}\right\}O + \left.\begin{matrix} SO^2 \\ H^2 \end{matrix}\right\}O^2 = \left.\begin{matrix} H \\ H \end{matrix}\right\}O + \left.\begin{matrix} SO^2 \\ C^2H^5 \\ H \end{matrix}\right\}O^2.$$

La quale equazione indica che nella reazione in discorso il radicale etile C^2H^5 dell'alcole sostituì e rimase a suo turno sostituito da un atomo di H dell'acido solforico.

Le trasformazioni chimiche fanno variare non solo la struttura ma ancora il volume e la temperatura delle molecole. Nelle equazioni si dovrebbe anche tenere conto di queste due ultime variazioni, ma siccome le variazioni di volume sono

proporzionali alle variazioni di temperatura o meglio all'equivalente calorifico, così all'equazione che indica il cangiamento di struttura si dovrebbe aggiungere i numeri che indicano l'equiv. calorifico, ossia l'effetto calorifico prodotto dalla trasformazione della quantità di sostanza compresa nell'equazione. Alle formole indicanti il cangiamento di struttura si dovrebbe quindi aggiungere il segno = e poi il numero indicante l'effetto calorifico, come negli esempi seguenti:

$$Zn + O = ZnO = 86000 \text{ cal.}$$
$$H^2 + O = H^2O = 68000 \text{ cal.}$$
$$Zn + H^2SO^4 = ZnSO^4 + H^2 = 18000$$
$$Ch^2 + O = Ch^2O = -14740$$
$$NCh^3 = N + Ch^3 = 38478.$$

La prima equazione indica che 65,$^{gr.}$2 di zinco nel combinarsi con 16 grammi di ossigeno svolgono 86000 cal., la seconda che due grammi d'idrogeno nell'unirsi con 16 gr. di ossigeno ne svolgono 68000, la terza che 65,$^{gr.}$2 di zinco nel sostituire H^2 ossia due grammi d'idrogeno in 98$^{gr.}$ di acido solforico ne sviluppano 18000. La terza che 71$^{gr.}$ di cloro nel combinarsi con 16$^{gr.}$ di ossigeno ne assorbono 14740. . .

Facendo intervenire l'equiv. calorifico nelle equazioni chimiche si ha il vantaggio di esprimere la quantità di energia potenziale ossia di calorico latente che si converte in energia attuale ossia in calorico sensibile e reciprocamente, e quindi la quantità di lavoro meccanico che può produrre una data trasformazione. Ed in questa via si sono oggimai avviati i chimici i più distinti. « Egli è dunque con un grande sentimento, ha scritto l'esimio chimico e filosofo Dumas, che Lavoisier, nelle sue equazioni, collocava il calore allo stesso grado della materia, e che aveva in grande pregio gli studi di calorimetria. L'estensione che il signor Regnault ha loro dato in ciò che concerne i calorici specifici, e quella che hanno ricevuto dal signor Favre in ciò che concerne lo sviluppo di calore nell'atto della combinazione, preparano la chimica a passare dall'epoca in cui non ravvisava che la materia a quella in cui prenderà la forza in considerazione ». L'illustre chimico H. Deville in una recentissima memoria

(*Compt. rend.*, t. 70, pag. 1111) ha scritto: « *Selon moi, tous les changements d'état de la matière doivent avoir entre eux des analogies très-intimes, parce qu'ils sont tous dominés par un même phénomène: le dégagement ou l'absorption de chaleur latente. A ces phénomènes calorifiques la mécanique moderne nous force d'attribuer une importance prépondérante. En les comparant entre eux, en les mèsurant, on pourra donner sans doute un corps au rêve magnifiques de Stahl, que tant ce de si grands esprits ont considéré si longtemps comme une incontestable réalité, rêve que Lavoisier a aneanti par la plus belle et la plus complète des analyses, et que ce génie synthétique, si on lui en avait le temps, aurait peut-être trasformé pour en faire une loi de la science* ».

Nello sviluppare la mia dottrina universale che comprende in sè tutte le dottrine particolari, non ho omesso di dimostrare che le intuizioni di Stahl erano d'accordo colle analisi e le dottrine di Lavoisier. Diffatti a pag. 100 del volume primo della mia opera, *Introduzione alla meccanica ed alla filosofia della natura*, stato pubblicato nel 1855, dopo d'aver parlato della combustione, ho scritto: « Stahl, dicendo che i metalli ed altri combustibili nel bruciare perdono del flogisto (forza rotativa) da cui dipende il calorico e la luce che sviluppano, ha detto la verità. Lavoisier, dicendo che il calorico e la luce che i metalli ed i corpi combustibili svolgono bruciando è un effetto della combinazione dell'ossigeno coi corpi, ha pure detta la verità, perchè i metalli nell'ossidarsi, i combustibili nel bruciare guadagnano dell'ossigeno e perdono del flogisto ossia della forza rotativa, e non possono unirsi coll'ossigeno senza perdere del flogisto. La combustione è dunque l'effetto di un rapido sviluppo di forza rotativa cagionato da una rapida combinazione dei corpi fra loro, per esempio, dell'ossigeno dell'aria coi corpi combustibili. Se Lavoisier, invece di combattere la dottrina di Stahl avesse cercato di conciliarla con la sua, avrebbe indirizzata la scienza chimica nella via della verità ». Egli è quindi con vera soddisfazione che veggo ora un illustre scienziato francese sostenere la stessa opinione.

L'equilibrio di velocità ossia di temperatura si può stabilire: 1° per una variazione della durata degli impulsi; 2° per il concorso che fanno le masse animate di maggior velocità, senza perdere dell'etere, ad accrescere coi loro impulsi la velocità delle masse che si muovono meno celeremente; 3° per il passaggio di un poco d'etere dai corpi più caldi in quelli meno caldi per cui l'intensità impulsiva dei primi diminuisce e quella dei secondi cresce. Nell'ultimo caso l'assorbimento di calore sarebbe accompagnato da aumento, e lo sviluppo di calore da diminuzione di peso, ma una tale variazione di peso è piccolissima ed è difficile il poterla misurare colle bilancie. Ho in alcuni casi trovato che un mescuglio di ghiaccio e di sale dopo che si è illiquidito ed ha quindi assorbito molto calore, pesava alcuni milligrammi di più che prima. Il signor Monnier avrebbe dal suo canto anche riconosciuto che il ghiaccio dopo essersi liquefatto pesa un poco di più che prima della liquefazione.

Che che ne sia la quantità totale di materia che forma l'universo è invariabile; nelle trasformazioni la materia non si crea nè si distrugge ma cangia solo di forma e di struttura e passa da un corpo in un altro, dallo stato di condensazione allo stato di rarefazione e reciprocamente. Il principio di attività ossia la forza essendo nell'etere, nella materia intimamente unito al principio materiale ne consegue se la quantità totale di materia non cangia, non cangia pure la quantità totale di forza. Nella materia risiedono le cagioni di tutti gli effetti: la causa è uguale all'effetto: se la quantità totale di materia, di causa non varia, non varia pure la somma totale degli effetti. La totalità degli effetti geometrici (rette e curve) e meccanici (tensione e velocità) è dunque sempre la stessa, se le rette, le tensioni diminuiscono, le curve, le velocità crescono e reciprocamente di guisa che la somma delle aree descritte nell'unità di tempo sia sempre la stessa. Un nostro illustre chimico italiano, Cannizzaro, dopo avere nel 1863 parlato del progresso delle scienze ha saggiamente scritto: « Nascerà allora la loro sintesi sotto le due grandi leggi: *conservazione della materia, conservazione della*

forza, e forse anche queste due leggi si fonderanno in un solo principio, poichè mi pare travedere fin d'ora, che la distinzione introdotta tra materia e forza non durerà col maggiore sviluppo delle nostre conoscenze. Allora la scienza dell'Universo non sarà che la concatenata figliazione delle varie forme sotto cui si presenta questa immutabile provvista di forza che esso possiede, e per tali tracce il pensiero potrà correre assai lontano nel passato e nell'avvenire ».

Ma perchè il pensiero possa spaziare nella via del vero e del giusto, è necessario di incarnare l'astratto al concreto, l'effetto alla causa, il moto agli organismi materiali che lo sostengono e lo producono, è necessario di esaminare tutte le parti dell'essere concreto essendochè le viste ristrette non servono che all'errore per vedere bene per cogliere nel vero e nel giusto, bisogna vedere largo, imperocchè come saggiamente scrisse l'illustre chimico Chevreul « nell'insegnamento delle scienze progressive se le generalità, i principii, le regole, le leggi, in una parola le espressioni astratte, contengono delle conseguenze che sieno in contraddizione, in disaccordo con un attributo di cui noi ignoriamo l'esistenza o con un attributo che noi non conosciamo perfettamente, *l'insegnamento sarà inesatto* ». Bisogna dunque vedere nell'essere l'attrazione di Newton e la repulsione di Fusinieri, l'unità di Platone e la differenza di Aristotele, le forme vive dei neoplatonici, l'elasticità e le vibrazioni dei fisici matematici, le monadi di Leibnizio, il dinamismo di Kant, l'atomismo di Democrito e di Epicuro, l'azione e la reazione di Hegel, il prodotto di questi due fattori di Schelling, l'io ed il non io di Fitche, il punto ed il momento di Vico, in una parola tutto ciò che contiene e non ciò che non contiene. Nell'essere che cangia forma bisogna vedere il principio, la ragione che determina la trasformazione, il mezzo, la causa che la eseguisce ed il fine per cui si eseguisce e misurare le variazioni di forma, di struttura di volume e di velocità da cui dipendono le variazioni delle proprietà, e non limitarsi a vedere come si fa presentemente da alcuni chimici solo o combinazione, o sostituzione o atomicità. Come il suono

che rende uno stromento varia al variare della sua struttura e del grado di tensione, così le proprietà dei corpi variano al variare del modo e del grado di condensazione dei corpuscoli da cui sono formati. « Due corpi ha scritto l'eminente fisico Delarive, non sono che lo stesso corpo allo stato di condensazione diversa ».

Da effetti ad effetti, da effetti a cause, da cause a ragioni risalendo noi troviamo nel moto la prima ed unica cagione d'ogni fenomeno, nella materia condensata la causa del moto, nella gravitazione universale la causa della condensazione della materia, nell'essenza ossia nella forma e struttura della materia la causa dei diversi moti, nella ragione la causa dell'essenza della materia, e nello spazio eterno la causa suprema di tutte le cose. Da principii a ragioni, da ragioni a cause, da cause ad effetti discendendo noi troviamo che lo spazio procede dall'eternità, che la materia e la forza procedono dallo spazio e dall'eternità, ed hanno generato combinandosi la materia attiva, che la materia attiva condensandosi ha generato la materia atomica (ponderabile) e rarefacendosi la materia eterea, che la materia ponderabile organandosi giusta le leggi dell'ordine e dell' armonia ha generato i diversi esseri. Egli è seguendo quest'ordine di idee e di principii che il filosofo Zoroastro è giunto a vedere nel tempo assoluto ossia nell'eternità la causa suprema dell'Universo.

« L'estensione, ha saggiamente scritto il filosofo Galluppi, è il primo fenomeno che ci colpisce al di fuori, il secondo è il moto, il quale per la maniera diversa con cui modifica l'estensione produce i fenomeni che ammiriamo nell'Universo sensibile ». Il moto è inseparabile dalla forza, dalla materia, dallo spazio e dal tempo. L'uomo essendo come le altre creature non solo un fenomeno ma anche un' essenza la quale, a differenza delle altre essenze, ha la virtù di conoscere, intendere e ragionare, può giungere a sapere quale sia l'essenza della materia che forma i differenti corpi, purchè attacchi le forme ideali alle forme reali ossia gli effetti alle loro cause, le idee alle realtà. Affinchè le scienze progrediscano e si avvicinino di più in più alla meta ossia alla co-

noscenza dell'intiera verità è necessario che i scienziati i più eminenti, abbandonati gli altri nelle regioni materiali dei fenomeni, degli effetti e delle applicazioni « elevino la loro intelligenza verso una contemplazione più serena e più alta dell'ordine dell'Universo e delle leggi della creazione (Dumas)» e si facciano a scrutare le regioni immateriali dei principii, dell' ordine, dell' equilibrio e dell'armonia onde il pensiero umano suoni all' unisono con il pensiero della Natura un aria di verità e di giustizia, e quindi di felicità e di benessere universale, essendochè, come ben disse il ministro francese Ollivier « nel mondo esaminato superficialmente non si vedono che contrasti, ma se si esamina profondamente non si vedono che armonie ». Nello studiare gli esseri finiti non bisogna dimenticare le relazioni che presentano con gli altri esseri finiti e con l'essere infinito, nello studiare il moltiplice non bisogna dimenticare l'uno, essendochè l'uno infinito senza cessare di essere uno ed infinito, ha generato il moltiplice ed il finito, ed il moltiplice e finito senza cessare di essere tale, ha rigenerato l' uno e l' infinito, di guisa che l'uno infinito riceve in sè le azioni di tutti i moltiplici finiti e comunica a ciascuno le azioni di tutti gli altri, e fa sì che ciascun essere finito agisca e si muova in modo che sia d' accordo ed in armonia col modo di agire e di muoversi degli altri. Non bisogna infine dimenticare che le esistenze cosmiche sono nello spazio e durano nell'eternità.

Omnia ad ordinis et aequilibrii theoricen tandem reducantur, aether naturae rex et Deus creator rectorque aetheris tandem coronetur. Coraggio, o italiani, poniamoci alla testa del movimento scientifico e facciamo vedere alle altre Nazioni che in Italia il genio del vero e del giusto non tramonta mai. Imperocchè la storia dice alle Nazioni: marciate alla testa dei principii, delle idee del vostro secolo, queste idee vi seguono, vi sostengono, vi elevano; marciate invece al loro seguito, desse, vi trascinano; marciate contro di esse, e desse vi abbattono.

CAPITOLO VIII.

Fenomeni cagionati dalle diffusioni corpuscolari.

La forza di repulsione tende a spandere i corpuscoli nello spazio, e se non si oppone l'altra forza imprime loro un moto progressivo per cui emigrano e passano da uno in un altro luogo. I moti progressivi ora sono solamente prodotti dalla forza di repulsione ora da questa forza e da affinità temporarie, per le quali i corpuscoli si muovono scorrendo di molecola in molecola. Nel piano che divide un corpo A dal corpo B ora le molecole dei due corpi non concepiscono alcun moto progressivo, ora le molecole del corpo A si muovono verso quelle del corpo B, le quali o non si muovono oppure si avanzano pure verso quelle dell'altro corpo. Questo moto progressivo dei corpuscoli di una sostanza verso quelli di un'altra chiamasi *diffusione corpuscolare*, la quale a seconda dell'ordine dei corpuscoli che si traslocano e quindi delle forze da cui sono posti in moto chiamasi *fisica*, *chimica* od *atomica*. La diffusione può effettuarsi direttamente oppure attraverso diafragmi porosi.

La diffusione fisica consiste nel moto progressivo delle molecole fisiche di un corpo tra i meati intermolecolari di quelle di un altro corpo. Succede diffusione fisica quando le molecole fisiche dei fluidi senza alterarsi si mescono direttamente tra di loro oppure passano attraverso i fori dei tramezzi. Se all'apertura di un vaso pieno di ossigeno si sovrappone quella di un altro vaso pieno d'idrogeno, le molecole dell'idrogeno tuttochè meno dense discendono e si diffondono tra quelle dell'ossigeno, e le molecole di quest'ultimo tuttochè più dense ascendono e si diffondono tra quelle

dell'idrogeno, e dopo un certo tempo si ha un mescuglio omogeneo dei due gaz. Medesimamente se un vaso di vetro pieno di ossigeno misto d'ozono e di cloro si pone in comunicazione per mezzo di un piccolo foro (di circa 4 millimetri) praticato nel tappo, con un altro vaso contenente solo dell'ossigeno, l'ozono ed il cloro si diffondono dal primo vaso nel secondo. La diffusione diretta dei gaz è prodotta dalla repulsione molecolare, la quale tende a spandere le molecole in un modo uniforme per tutto lo spazio libero che ad esse si presenta: la diffusione per i tramezzi è l'effetto della ridetta forza ed anche dell' affinità capillare. Le sperienze di Graham e di altri autori tendono a dimostrare che il grado di velocità della diffusione fisica è in ragione inversa della radice quadrata della densità dei gaz, perchè tanto più le molecole sono dense tanto maggiore è la resistenza che oppongono ad essere trasportate dalle forze repulsive da uno in un altro luogo. L'ozono è meno denso del cloro e si diffonde anche, giusta le sperienze di Soret, con maggiore velocità.

Nella *diffusione chimica* le molecole chimiche di uno o più corpi scorrono per le molecole fisiche di un altro corpo con un grado di velocità diverso dipendente dal peso delle molecole chimiche e dal loro grado di affinità verso le molecole fisiche, e siccome quest'affinità varia tra corpo e corpo, così il grado di diffusibilità dei corpi varia secondo la loro natura. Per misurarlo si tiene conto del tempo che i corpi impiegano a percorrere un certo strato di un altro corpo. Così portando con una pipetta sotto ad una colonna di un liquido un mescuglio di due o più corpi sciolti nel medesimo liquido, i più diffusibili si elevano più rapidamente nella colonna liquida e giungono più presto alla sommità degli altri. Graham ha riconosciuto che nell'acqua l'idrato potassico possiede una velocità doppia di quella del solfato, e questa una velocità doppia di quella dello zucchero e del solfato magnesico. Versando una goccia di soluzione acquosa di bicromato potassico e di caramelo sopra un vaso poroso, ottiensi una macchia bruna di caramelo circondata da un cerchio giallo

di bicromato, locchè prova che il secondo corpo ha un potere diffusivo più grande del primo. Immergendo verticalmente nell'acqua per pochi millimetri una listerella di carta senza colla, l'acqua si diffonde nella carta ed ascende ad un'altezza di 3 centimetri circa. Se l'acqua tiene dei corpi in soluzione, dessi si elevano nella carta in ragione del loro potere diffusivo. La soda, la potassa, gli acidi solforico, nitrico, si elevano meno dell'acqua, l'acido fosforico si eleva come l'acqua locchè si riconosce adoperando della carta di curcuma per gli alcali e di laccamuffa per gli acidi. Lo spirito di vino conservato in una vescica si concentra perchè l'acqua si diffonde attraverso le membrane più dell'alcole. I *cristalloidi* cioè i corpi cristallizzabili sono molto più diffusivi dei corpi incristallizzabili capaci di formare degli idrati gelatinosi chiamati perciò *colloidi*. La diffusibilità dei corpi è una proprietà che dipende dalla natura delle loro molecole, e soprattutto dallo stato delle loro superficie. Le molecole dei cristalloidi debbono avere una superficie più o meno unita; quelle dei colloidi una superficie scabra. Graham diede il nome di dialisi al metodo che ha immaginato per separare i colloidi dai cristalloidi. Questo metodo consiste nell'introdurre in un tubo, chiuso perfettamente ad un'estremità con un pezzo di pergamena, il liquore che tiene in soluzione materie colloidi e cristalloidi, e nell'immergerlo in un recipiente che contenga un volume di acqua pura sei volte maggiore di quello del liquore: dopo 24 ore quasi tutta la materia cristalloide si diffonde per la membrana e quindi per l'acqua mentre la colloide resta nel tubo. La membrana fa in questo caso l'ufficio di un setaccio, di un filtro che lascia passare le materie cristalloidi e non le colloidi. Si può in questo modo separare per esempio l'arsenico, il sublimato corrosivo, la stricnina, la digitalina ed altre materie cristalline dalle sostanze colloidi con cui sono mescolate; si può separare il cloruro di sodio dalla salamoia, i sali che impediscono la cristallizzazione dello zucchero dalla melaccia... Guignet invece del dialisore consistente in un tubo di vetro chiuso da pergamena adopera un vaso poroso di terra

da pipe poco cotta. Immergendo questo vaso contenente dell'acqua pura in un soluto di gomma e di zucchero, dopo 24 ore quasi tutto lo zucchero attraversò il vaso e si è sciolto nell'acqua, la quale non conteneva traccie di gomma. Il solfo e la naftalina sciolti nel solfuro di carbonio attraversano il vaso poroso riempito di solfuro di carbonio puro più presto del iodo.

Il gaz ossigeno si diffonde di più del gaz azoto pei tramezzi di gomma elastica, i quali se da una parte comunicano con l'aria, e dall'altra col vacuo, lasciano passare 41,6 per 100 d'ossigeno e 21 per 100 d'azoto. Graham ottenne in questo modo un'aria che riaccendeva il legno ignescente alla maniera dell'ossigeno. Per studiare il potere diffusivo dei gaz, Graham fece uso di un tubo aperto ad un'estremità e chiuso all'altra da un sottile strato di stucco che serve di sostegno ad una membrana di gomma elastica. Questo tubo chiamato *diffusiometro*, capovolto in una vasca contenente mercurio, dopo essere stato riempito dello stesso metallo, lascia passare per via di diffusione attraverso la membrana i gaz, i quali a misura che penetrano dentro il tubo ne fanno discendere il mercurio. Mettendo la membrana del diffusiometro a contatto di gaz diversi si può determinare il tempo che volumi eguali di essi impiegano per penetrarvi dentro. Graham ha riconosciuto che se un volume di gaz acido carbonico per penetrare nel diffusiometro impiegava un tempo, un pari volume di gaz idrogeno ne impiegava 2, 470; d'ossigeno 5, 316; di gaz delle paludi 6, 326; d' aria atmosferica 11, 850; d'ossido di carbonio 12, 203; d'azoto 13, 585... Supponendo i tempi eguali, il volume di ciascun gaz che sarà passato esprimerà la velocità della penetrazione, la quale se è una per l'azoto, è 1, 133 per l'ossido di carbonio; 1, 149 per l'aria; 2, 148 per il gaz delle paludi; 2, 556 per l'ossigeno; 5, 500 per l'idrogeno e 13, 885 per CO^2.

Un altro mezzo di rendere evidente il passaggio dei gaz per i tramezzi di gomma elastica consiste nel sostituire al diffusiometro un pallone dello stesso corpo, il quale quando è pieno d'acido carbonico, di idrogeno o di acetene, il mezzo

ambiente essendo l'aria, si raggrinza tosto rapidamente sopra se stesso, quando è pieno d'azoto si espande e si dilata, perchè nel primo caso il volume d'aria che penetra nel pallone è minore di quello del gaz che esce, mentre nel secondo caso il volume d'aria che entra è maggiore del volume d'azoto che esce. Una bolla di sapone piena d'aria se giunge nel gaz acido carbonico gonfia e discende a fondo del vaso perchè il volume dell'aria che esce dalla bolla è minore di quello dell'acido carbonico che vi entra.

Come il grado di solubilità dei corpi nei liquidi varia al variare della natura del liquido, così il grado di diffusibilità dei gaz per i tramezzi varia anche al variare della natura di questi, locchè si riconosce chiudendo il diffusiometro con sostanze differenti. Gli equivalenti diffusivi dei gaz sono con la gomma elastica differenti da ciò che sono con altre membrane organiche, con il gesso, la grafite o lo stucco. I gaz e soprattutto l'idrogeno e l'ossido di carbonio si diffondono anche attraverso le lastre metalliche quando sono scaldate a certa temperatura. Se, come fece per il primo H. Deville, entro un tubo di porcellana, si aggiusta un tubo metallico e si scalda il tutto a temperie abbastanza elevata, facendo passare nel tubo metallico dei corpi gassosi, essi si diffondono attraverso il metallo e passano nel tubo di porcellana in quantità corrispondente al loro grado di diffusione ossia di solubilità nel metallo e di forza espansiva. La ghisa, giusta le sperienze di C. Deville e Troost, è permeabile ai gaz della combustione e soprattutto all'ossido di carbonio. Il malessere che si sente nelle camere scaldate con stufe di ghisa, dipende soprattutto dalla filtrazione attraverso le loro pareti dell'ossido di carbonio formatosi nella combustione, non che da quello che si può formare per l'azione dell'aria sopra il carbonio che la stessa ghisa contiene.

I fenomeni di osmosi dipendono come quelli di diffusione chimica dalla repulsione chimica e da un'attrazione che si esercita tra le molecole fisiche del tramezzo e le molecole chimiche dei corpi che lo attraversano. Allorchè due fluidi A e B sono separati da un tramezzo, impermeabile alle mo-

lecole fisiche, avvengono effetti diversi a seconda dell'azione che il tramezzo esercita sui fluidi ed i fluidi tra loro. Se le molecole fisiche del tramezzo non hanno affinità nè verso le molecole chimiche del fluido A nè verso quelle del fluido B, allora i due fluidi non si mescono: se le molecole fisiche del tramezzo hanno affinità verso le molecole chimiche del fluido A e non verso quelle del fluido B, allora vi ha corrente del fluido A verso il fluido B, perchè le molecole chimiche del fluido A come il primo strato di molecole fisiche del tramezzo sia saturo, passano nel secondo strato, e vengono surrogate da molecole chimiche che passano dal fluido A nel primo strato, e come il secondo strato di molecole fisiche sia saturo passano nel terzo, e così di seguito, e si stabilisce così una corrente di molecole chimiche che dal fluido A passano nel primo strato del tramezzo, dal primo strato nel secondo, dal secondo nel terzo, finchè arrivano allo strato opposto che tocca il fluido B, con cui si mescono o si sciolgono.

Ma le molecole fisiche del tramezzo contenenti delle molecole chimiche del fluido A agiscono su quelle del fluido B in un modo diverso che quando non ne contenevano; in questa nuova condizione potrebbero anche unirsi fisicamente alle molecole chimiche del fluido B. Allora si ricade nel caso di un tramezzo che può fisicamente unirsi sia alle molecole chimiche di A che a quelle di B, e si stabiliscono due correnti, l'una del fluido A che va verso B, e l'altra del fluido B che va verso A. La quantità del fluido A che si porta in B e quella di B che si porta in A dipende soprattutto dal grado di affinità delle molecole fisiche del tramezzo verso le molecole chimiche dei due fluidi A e B. Delle due correnti liquide la più forte fu detta *endosmosi* e dà il nome al fenomeno, la più debole *esosmosi*. Nel maggior numero dei casi la corrente d'endosmosi è diretta dal liquido meno denso verso il più denso, perchè, a parità di affinità, le molecole più leggere oppongono minore resistenza ad essere trasportate dalla repulsione chimica di quelle che sono più dense. La velocità dell'endosmosi ossia la quantità di liquido che in un dato tempo attraversa la membrana viene misurata dal

suo grado d'elevazione nel tubo dell'endosmometro ed è tanto maggiore quanto più grande è la differenza di densità tra i due liquidi e cresce colla temperatura. Dutrochet trovò che la forza dell'endosmosi dedotta dal peso cui la colonna liquida sollevata può fare equilibrio, segue le stesse leggi della velocità. La forza e la velocità d'endosmosi sono effetti che dipendono dal grado di repulsione chimica e di affinità tra le molecole chimiche dei liquidi, e tra queste e le molecole fisiche del tramezzo.

Che i fenomeni di diffusione chimica attraverso le membrane sieno cagionati non solo dalla repulsione chimica ma ancora dall'affinità fisica lo provano in un modo evidente i fatti seguenti. La direzione della corrente d'endosmosi, a parità di liquidi, varia al variare della natura del tramezzo, ed, a parità di tramezzo, al variare della natura dei liquidi, e se il tramezzo è anch'esso un liquido, non viene attraversato che da quei corpi che sono in esso solubili. Con la mucosa del gozzo di pollo la corrente d'endosmosi si dirige dall'alcole all'acqua, con tutte le altre membrane animali è diretta dall'acqua all'alcole (Matteucci). Le velocità d'endosmosi, a parità di tramezzo, tra l'acqua pura e le soluzioni gelatinose, gommose, zuccherate ed albuminose stanno fra loro come 3 : 5, 17 : 11 : 12 (Dutrochet): esse variano inoltre secondochè si adoperano per diafragmi, pelli fresche di torpedine, di ranocchia o di anguilla (Matteucci e Cima). Se il cloroformio e l'etere sono in una campana divisi da uno strato d'acqua, l'etere che è alquanto solubile nell'acqua attraversa questo liquido e passa nel cloroformio il cui volume aumenta a poco a poco: medesimamente tra l'alcole e l'acqua divisi da uno strato d'olio di ricino la corrente d'endosmosi è diretta dall'alcole che è solubile nell'olio verso l'acqua (Hermite).

Aggiungasi che vi è un certo rapporto tra il grado di diffusibilità ed il grado di analogia tra il corpo che si diffonde e quello per cui si diffonde: l'acido carbonico per es. essendo solubile nell'etere e negli olii volatili si diffonde anche rapidamente attraverso la gomma elastica la cui composi-

zione offre una certa analogia con quella degli olii volatili. Vi ha di più: i metalli ritengono alla temperatura ordinaria quantità notevoli dei corpi aeriformi che si diffondono attraverso ad essi a temperature elevate. Il platino, il ferro, il palladio, il rame, l'oro e l'argento ritengono allo stato di occlusione i gaz da cui sono attraversati a temperie elevate. Un volume di filo di ferro assorbe e ritiene allo stato di occlusione 4, 15 volte il suo volume di ossido di carbonio e 6, 46 volte il suo volume d'idrogeno (Graham). Quest'eminente chimico fu anche dai fatti indotto ad ammettere che la diffusione dei gaz per i metalli era dovuta ad un'attrazione di soluzione, cioè ad un'affinità analoga a quella che si effettua tra un corpo solubile ed il veicolo nel quale si scioglie.

Quando le molecole fisiche dei fluidi constano di più specie di molecole chimiche, allora attraversano solo il tramezzo le molecole chimiche che hanno affinità fisica verso quelle del tramezzo e non le altre. Così nelle radici delle piante viventi non si introducono che quelle molecole chimiche della terra che hanno affinità fisica verso le molecole che formano le estremità delle radici. Le molecole chimiche terrestri le più mobili si diffondono continuamente da uno in un altro luogo per stabilire l'equilibrio stato turbato dall'assorbimento delle radici, dall'evaporazione e da altre cagioni. Verso i luoghi in cui vi sono piante si muovono sia nella terra che nell'atmosfera molecole chimiche simili a quelle che desse assorbono per via delle radici e degli organi fogliacei, e per mezzo di tali correnti molecolari la Natura incessantemente provvede le piante delle materie necessarie alla loro vegetazione.

Come nelle piante non penetrano che le molecole chimiche affini a quelle degli organi assorbenti, così le membrane che formano i loro tessuti come quelle che formano i tessuti degli animali non sono attraversate che da quelle molecole chimiche che hanno affinità fisica verso le molecole delle membrane. Le molecole chimiche inoltre nell'attraversare le membrane viventi il più delle volte si modificano e si trasfor-

mano in altre molecole capaci di soddisfare ai bisogni della vita ossia dell'armonia animale o vegetabile. L'endosmosi è la spiegazione di un fenomeno intimo di fisiologia che pone in mano del fisico e del chimico, come stromento di laboratorio, l'istrumento di cui si serve la natura per il nutrimento della vita (Coste), il cui atto elementare si può ridurre a quello di una vescichetta che assorbe liquidi e gaz ed emette liquidi e gaz (Matteucci).

La forza con cui i liquidi attraversano i tessuti e si muovono è proporzionale al grado di affinità che i tessuti hanno verso le loro molecole. Così nelle piante il soluto acquoso chiamato *linfa* penetra nelle radici ed ascende nelle altre parti della pianta con una forza eguale a quella con cui le molecole delle radici attirano quelle che formano il soluto acquoso da cui sono bagnate. Il fisico Hales misurò questa forza unendo strettamente all'estremità tagliata di un tronco di vite nell'epoca che la *linfa sale* un tubo di vetro piegato ad N contenente del mercurio e trovò che la forza di ascenzione della linfa era capace di sollevare uno strato di mercurio alto 38 pollici.

Nella *diffusione atomica* i corpi subiscono una chimica trasformazione. Avviene diffusione atomica quando il tramezzo induce gli atomi dei corpi che tocca a generare delle molecole chimiche capaci di unirsi e di scorrere attraverso le molecole fisiche da cui è formato, e di quelle che non hanno una tale qualità. Se il dialisore contenente soluzione acquosa di nitrato ferrico neutro viene immerso nell'acqua, succede che il nitrato si decompone in nitrato basico che resta nel dialisore, ed in acido nitrico il quale attraversa la membrana insieme ad un poco di nitrato neutro. Il silicato sodico sciolto nell'acqua è decomposto in soda che si diffonde lentamente attraverso la membrana, ed in acido silicico che rimane nel dialisore. Molti corpi si decompongono nell'atto che si diffondono direttamente in quantità notevole d'acqua: il solfato acido di potassa per es. si decompone in acido solforico ed in solfato neutro, il nitrato di bismuto si decompone in nitrato acido che si scioglie ed in nitrato ba-

sico che precipita, il sapone comune si decompone in un sale acido ed in soda... Egli è in virtù di questa decomposizione che il sapone purga i tessuti, essendochè la soda a misura che si separa dal sapone agisce sulle materie che li insudiciano e le rende solubili nell'acqua.

Le diffusioni sono come le trasformazioni che ad esse corrispondono, accompagnate da variazioni di volume e di velocità delle molecole e quindi da successivo sviluppo od assorbimento di forza eterea in forma di calorico, di elettrico... Le soluzioni acquose degli azotati, solfati, carbonati e cloruri di potassio e di sodio diffondendosi in maggiore quantità d'acqua abbassano la temperatura; quelle degli azotati di piombo e di calcio, dei solfati di rame, di zinco, di magnesio, del cloruro di calcio..... la innalzano (Marignac). Becquerel nelle sue recenti ricerche sui fenomeni capillari e di diffusione ha riconosciuto che lo strato liquido infinitamente sottile, aderente alle pareti degli spazi capillari che separano due liquidi diversi, si comporta come un corpo solido conduttore rispetto alle due elettricità divenute libere, durante la reazione chimica dei due liquidi l'uno sopra l'altro in questi stessi spazii. Ne risulta allora una coppia elettrochimica, che dà luogo ad una *corrente elettrocapillare*, la cui energia è sufficiente per ridurre dalle loro soluzioni i metalli allo stato metallico, e produrre, con il concorso di altre cause un grande numero di combinazioni e di decomposizioni. D'accordo colla dottrina d'attrazione e di repulsione, Becquerel ammette che « l'elettricità non che il calore sono degli effetti risultanti dall'affinità e che divengono cause per produrre delle azioni chimiche e dichiara di aver sempre combattuto le opinioni contrarie emesse a questo riguardo da Davy, Berzelius ed Ampere ». Da cosa nasce cosa, di guisa che nell'infinita catena delle cose che si sono succedute le une alle altre, l'ultima cosa dipende dalla prima cosa. Dalla variazione delle ragioni dipende la variazione delle affinità, dalla variazione delle affinità dipende la variazione della condensazione della materia, dalla variazione nella condensazione della materia dipende la variazione della velocità, dalla

variazione delle velocità corpuscolari dipende la variazione degli effetti calorifici ed elettrici, i quali facendo variare le ragioni determinano lo sviluppo di nuove affinità, di nuovi equilibri, di nuove armonie e così di seguito fino alla consumazione del tempo.

CAPITOLO IX

Fenomeni dipendenti dalle vibrazioni corpuscolari.

Le forme vive descritte da un corpo vengono comunicate all'etere, il quale le propaga sotto forma di radiazioni agli altri corpi. Le forme vive corporee furono generate dall'attrazione universale che condensò la materia primordiale nei corpi che esistono. Per la condensazione di una parte di materia primordiale in corpi, l'altra parte venne rarefatta dalla repulsione universale e generò l'etere. Che l'Universo consista in due materie, l'una condensata in corpi e l'altra rarefatta in etere, e che queste due materie sieno state generate dalla stessa materia primordiale è una verità ad un tempo soggettiva ed oggettiva cioè che si vede coll'intuito e si trova per mezzo dell'osservazione e dell'esperienza. Cartesio ha veduto che l'Universo si compone di due materie, di cui una incomparabilmente più sottile riempie i piccoli vacui lasciati fra le particelle dell'altra. Non si può spiegare come i corpi agiscono a distanza gli uni sugli altri senza ammettere che tra essi vi esista una materia elastica sottilissima ossia l'etere. Oggigiorno tutti i fisici furono dai fatti indotti ad ammettere che il mondo si compone di materia ponderabile e di etere. La materialità dell'etere è dimostrata

dal fatto che le onde eteree impiegano un tempo per propagarsi da uno in un altro luogo. La materia ponderabile e l'etere non sono cose sostanzialmente diverse, ma la medesima sostanza diversamente condensata, perchè l'una e l'altra consistono in una cosa che si muove. I più potenti pensatori hanno intuito e quindi ammesso che i fenomeni mondiali sono prodotti da una sostanza unica diversamente modificata. Non bisogna ammettere più cause di quelle che sono necessarie per spiegare i fenomeni. « *Causas rerum naturalium non plures admitti debere quam quae verae sint et earum phoenomenis explicandis sufficiant* » (Newton). La materia ponderabile e l'etere derivano dunque dalla stessa materia primordiale. La materia ponderabile può produrre e l'etere trasmettere e propagare qualunque specie di forma viva. La materia ponderabile produce forme vive diverse a seconda del modo con cui viene condensata dalla gravitazione. Nei corpi vi sono tanti generi di forme vive quanti sono gli ordini di condensazione della materia. Nei minerali la materia presenta tre ordini di condensazione; atomi, molecole chimiche e molecole fisiche, a cui corrispondono tre generi di forme vive, di vibrazioni, le quali comunicando una parte della loro forza viva all'etere, danno nascenza a tre generi principali di ondulazioni che costituiscono le radiazioni chimiche, luminose e calorifiche a cui si debbono ancora aggiungere le radiazioni elettriche e magnetiche. I corpi, come ben disse il fisico Becquerel, sono dunque dei serbatoi di vibrazioni. Le vibrazioni molecolari sono immensamente piccole ed hanno una velocità immensamente grande; somigliano a quelle che producono il suono da cui non differiscono che per il grado di velocità e di ampiezza. Per rendere più facile lo studio delle vibrazioni molecolari incominceremo ad esporre le leggi delle oscillazioni dei pendoli e di quelle sonore.

Un pendolo rimosso dalla verticale ossia dalla sua posizione d'equilibrio, ed abbandonato a sè, discende con moto accelerato verso la primitiva posizione, ove giunto, ascende con moto ritardato di un arco quasi eguale a quello de-

scritto nel discendere, e poi di nuovo discende con moto accelerato verso la verticale ed indi ascende con moto ritardato e così di seguito, ma l'ampiezza degli archi che descrive va successivamente decrescendo e si riduce a zero quando il pendolo riprende la sua posizione primitiva. Questi movimenti del pendolo si chiamano *oscillazioni:* il moto di discesa si dice *semi-oscillazione discendente,* quello di ascesa *semi-oscillazione ascendente,* e le due semi-oscillazioni costituiscono un' oscillazione intiera. La causa della discesa del pendolo è la gravità, la causa dell'ascesa è la velocità acquistata dal pendolo nel discendere. In un pendolo in equilibrio il peso è intieramente sostenuto dal punto di sospensione. Allontanando il pendolo dalla verticale la gravità che è causa del peso si decompone in due forze, una diretta normalmente, l'altra tangenzialmente all'arco descritto. La prima è equilibrata dal punto di sospensione, la seconda ossia la tangenziale è quella che spinge il pendolo verso la verticale: essa è nulla quando il pendolo è in equilibrio e cresce col crescere dell'angolo che il pendolo fa colla verticale e diviene massima quando l'angolo è retto, nel quale caso la gravità agisce per intiero tangenzialmente all' arco. Il moto discendente è accelerato ma non uniformemente accelerato perchè gli impulsi della gravità diminuiscono a misura che il pendolo si avvicina alla verticale, il moto ascendente è ritardato ma non uniformemente ritardato perchè gli impulsi che estinguono la velocità crescono a misura che il pendolo si allontana dalla verticale, e quando l'abbiano intieramente estinta lo fanno di nuovo discendere. Per pendoli della stessa lunghezza, e per archi di pochi gradi, la durata delle oscillazioni è indipendente dalla loro ampiezza, perchè gli impulsi e quindi le velocità crescono al crescere dell'ampiezza delle oscillazioni ossia del grado di allontanamento del pendolo dalla verticale. In ciò consiste l'*isocronismo* del pendolo. Due oscillazioni di diversa ampiezza che si compiono in egual tempo diconsi *isocrone.* L'isocronismo del pendolo venne scoperto per la prima volta da Galileo, osservando il dondolare di una lampada sospesa per una lunga fune ad

uno degli archi del duomo di Pisa. Dimostrò poi questa proprietà del pendolo per via di diverse sperienze.

Le lunghezze dei gradi di un arco crescono proporzionalmente alla lunghezza dei raggi: la componente tangenziale, a parità di grado di spostamento di un pendolo dalla verticale, è la stessa qualunque sia la lunghezza del pendolo, ciò posto le durate delle oscillazioni dovrebbero stare fra loro come le lunghezze dei pendoli, ma siccome le velocità crescono colla durata degli impulsi, e siccome il tempo che gli impulsi tangenziali operano nella stessa direzione cresce proporzionalmente alla radice quadrata della lunghezza del pendolo, così le durate delle oscillazioni non stanno fra loro come le lunghezze ma come le loro radici quadrate, variano cioè in ragione della radice quadrata delle lunghezze dei pendoli, e le velocità medie delle oscillazioni variano anche nello stesso modo.

Per un pendolo di lunghezza invariabile, e per pendoli di eguale lunghezza, le durate delle oscillazioni sono in ragione inversa della radice quadrata della gravità, perchè le velocità crescono col crescere dell'intensità delle forze. Le esposte leggi vengono espresse colla seguente formola $t=\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ in cui t esprime il tempo di un'oscillazione, π il rapporto della circonferenza al diametro ossia il numero 3,141592, l la lunghezza del pendolo e g la gravità nel luogo dell'osservazione.

Il pendolo ordinario quale si usa comunemente si chiama in meccanica *pendolo composto*. Dicesi poi *pendolo semplice* un pendolo ideale che consisterebbe in un filo inestensibile privo di peso, capace di oscillare liberamente intorno ad un asse orizzontale che passa per un suo capo e portante pel capo opposto un punto materiale. La lunghezza del pendolo semplice è la distanza tra il punto di sospensione ed il centro di gravità del punto materiale. In un pendolo composto le parti più remote dal punto di sospensione tendono ad oscillare più lentamente, e quelle più prossime con maggiore celerità, ed essendo le une e le altre collegate in modo che

tutte debbono oscillare sincronamente cioè nel medesimo tempo, la celerità reale del pendolo composto avrà un valore intermedio a quelle delle parti più vicine e di quelle più lontane, e tra queste vi è un punto un luogo detto *centro di oscillazione* in cui la velocità non soffrirà nè accelerazione nè ritardo. Considerando concentrato in questo punto, che si può determinare col calcolo, le masse delle diverse parti del pendolo, ne risulterebbe un pendolo semplice che farebbe le sue oscillazioni nello stesso tempo che le compie il pendolo composto quale realmente esiste. Si prende in meccanica per la vera lunghezza di un pendolo composto la distanza tra il punto di sospensione ed il centro di oscillazione.

Chiamasi *pendolo sessagesimale* o *pendolo a secondi* quello che fa 60 oscillazioni in 1', ossia che fa un'oscillazione in ogni minuto secondo. Essendo i tempi delle oscillazioni come le radici quadrate delle lunghezze del pendolo, queste lunghezze debbono stare tra di loro come i quadrati dei tempi. Ciò posto contando il numero delle oscillazioni che un pendolo di lunghezza l compie in un minuto secondo, la lunghezza incognita x del pendolo sessagesimale starà alla lunghezza l cognita di quel pendolo, come il quadrato del tempo $t = 1''$ che deve durare un'oscillazione del pendolo sessagesimale ossia come 1 sta al quadrato del tempo t' per cui si avrà $x : l :: 1 : t'^2$; e quindi $x = \frac{l}{t'^2}$. In questo modo si può avere in un dato luogo la lunghezza del pendolo che batte i secondi. A Parigi sotto la latitudine dell'osservatorio (46°, 50', 14") la lunghezza del pendolo sessagesim. è 0^m, 99385, a Torino sotto la latitudine (45°, 4', 4") è 0^m, 99337, cioè un poco minore di un metro. L'isocronismo del pendolo rende questo stromento utilissimo nella misura del tempo. Il pendolo non è causa motrice degli orologi, ma solo si applica come regolatore dei medesimi. La causa motrice consiste in un peso attaccato ad una fune il quale discendendo fa girare un tamburo su cui la fune si avvolge, oppure in una molla d'acciaio spiraliforme, che distendendosi per la sua elasticità

dopo essere stata tesa entro un tamburo fa girare il tamburo stesso, il quale porta una ruota dentata che gira con esso. Questo movimento viene comunicato ad un sistema di ruote ad incastro, alcune delle quali portano coi loro assi gli indici delle ore, dei minuti e dei secondi. Accânto ad una di queste ruote oscilla un pendolo, e nell'oscillare fa muovere un meccanismo, il quale ad ogni oscillazione non lascia passare più che uno dei denti della ruota. Qualunque congegno, per cui si applica il pendolo a regolare il movimento degli orologi chiamasi *scappamento:* innumerevoli sono le maniere di scappamento inventate ed applicate nella pratica. Negli orologi da tasca si sostituisce al pendolo un bilanciere formato di una sottile croce oscillante intorno al suo asse in virtù di una molla spirale di filo d'acciaio. Le oscillazioni di questo bilanciere sono isocrone come quelle del pendolo. Perchè la lunghezza dei pendoli e quindi la durata delle loro oscillazioni non cangi al variare della temperatura si sogliono costrurre colle così dette lamine compensatrici.

Il pendolo serve alla misura assoluta e relativa della gravità. La formola $t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ risolta per rispetto a g ci dà $g = \frac{\pi l}{t^2}$, la quale espressione di g ci fa conoscere che la gravità, per una lunghezza costante del pendolo, è in ragione inversa del quadrato del tempo di una oscillazione, e dà il valore assoluto della gravità stessa, quando si conosce il tempo dell'oscillazione e la lunghezza del pendolo. Quando $t = 1^m$; $g = \pi^2 l$ ossia è uguale al quadrato del numero 3,141592 moltiplicato per la lunghezza del pendolo. Borda trovò che sotto la latitudine dell'osservatorio di Parigi il valore di g era di 9^m, 8088.. Facendo oscillare un medesimo pendolo a diverse latitudini si trova che le sue oscillazioni si fanno più lente verso l'equatore e più rapide verso i poli. All'equatore la durata delle oscillazioni è massima, ai poli è minima. Risulta quindi che la gravità è massima ai poli e minima all'equatore, locchè dipende soprattutto dall'essere la terra schiacciata ai poli e rigonfiata all'equatore per cui nelle re-

gioni polari i corpi sono più prossimi al centro terrestre che in quelle equatoriali. Variando la gravità, varia pure la lunghezza del pendolo che batte i secondi nei differenti paesi. Si comprende quindi il perchè un orologio trasportato verso i poli corre, e ritarda se viene trasportato verso l'equatore, e per ovviare ad una tale variazione bisogna crescere o diminuire la lunghezza del pendolo proporzionalmente all'accrescimento o alla diminuzione della gravità.

Le oscillazioni di un pendolo diminuiscono successivamente di ampiezza e finalmente si estinguono per gli attriti del punto di sospensione, e la resistenza dell'aria e della materia che forma il pendolo, e quand'anche si potesse eliminare tutti gli attriti e l'aria, basterebbe l'ultima resistenza ad estinguere dopo un tempo più lungo il moto pendulare.

Le vibrazioni sonore sono, come le altre, prodotte da una differenza di pressione e quindi di elasticità. I corpi quando il loro equilibrio di elasticità viene rapidamente turbato da una causa estrinseca qualunque producono, per ristabilire l'equilibrio, delle vibrazioni sonore, le quali se hanno una certa rapidità e si prolungano per un certo tempo in un modo regolare sono causa di un *suono musicale*, se poi sono irregolari, non isocrone, e di breve durata, allora fanno nascere un suono aspro e privo di uniformità, il quale chiamasi *rumore*, *strepito*, *fracasso*. Toccando con una mano una campana od un altro corpo che suoni si sente il tremito prodotto dal suo moto vibratorio, il quale produce la sensazione del suono, del rumore in quantoche si propaga per i corpi e fa nascere nel nostro orecchio dei moti simili. Il suono non si propaga nel vuoto: facendo vibrare uno svegliarino in una campana di vetro vuota, non si sente il suono, e lo si sente di più in più intenso facendo giungere poco per volta l'aria nella campana. Il suono si propaga non solo attraverso l'aria ma anche a tutti gli altri corpi. Una pietra che cada nell' acqua percuote il fondo e sentesi di fuori il suono. Un colpo di una punta di spilla contro una estremità di una trave sentesi distintamente da chi applica l'orecchio all'altra estremità.

Il suono si propaga con diverso grado di velocità attraverso i diversi corpi. La velocità di propagazione del suono debbe essere tanto più grande quanto più piccole sono le distanze intermolecolari e quanto maggiore è il volume e minore è la densità delle molecole, perchè tanto più piccole sono le distanze tanto più facilmente il movimento si trasmette di molecola in molecola, tanto maggiore è il volume delle molecole tanto minore è il numero che debbe scuoterne per percorrere una data distanza, tanto più leggiere sono le molecole tanto minore è l'ostacolo che oppongono al passaggio delle onde sonore. Inoltre la velocità del suono debbe crescere col crescere della temperatura e dell'intensità del suono, perchè l'aumento di temperatura fa crescere il volume delle molecole e diminuire il loro stato d'inerzia, e perchè le velocità debbono crescere colle intensità. La velocità del suono nell'aria alla temperatura di 0° è di 333 metri per minuto secondo, a 16° è di 340 metri. Si trova tale velocità sparando pezzi di artiglieria ad una distanza nota, ed osservando il tempo che passa tra l'accensione della polvere e l'arrivo del suono. Questo metodo fondasi sulla grande velocità della luce, la quale impiega un tempo minimo ed affatto trascurabile a percorrere la distanza a cui si può sentire un colpo di cannone. La velocità del suono nel gaz idrogeno a 0° è di 1269 metri per secondo, nel gaz acido carbonico solamente di 262 metri, perchè il primo gaz è molto più leggiero, ed il secondo più denso dell'aria. Regnault ha fatto delle sperienze dirette sopra la velocità del suono nei gaz idrogeno, acido carbonico, protossido d'azoto ed ammoniaca ed ha riconosciuto che si poteva ammettere la legge $\frac{V'}{V}=\sqrt{\frac{d'}{d}}$ (in cui V e d indicano la velocità del suono e la densità di un gaz, e V' e d' la velocità del suono e la densità di un altro gaz) ma solo come legge limite, a cui i gaz soddisferebbero se fossero dei mezzi elastici perfetti. La velocità del suono nei corpi liquidi e solidi è maggiore che nei gaz, perchè in quelli le distanze intermolecolari sono assai più piccole che in questi. La velocità del suono nell'acqua giusta le osser-

vazioni di Colladon e Sturm fatte nel lago di Ginevra e di 1435 metri per secondo, nel ferro fuso essa è di 3570 metri (Biot).

Laplace esprime la velocità (V) del suono in un mezzo gassoso con la formola $V = \frac{VgA}{D} K$ in cui g rappresenta la gravità, A la pressione o forza elastica del gaz, D la densità e K il quoziente del calorico specifico del gaz a pressione costante pel calorico specifico a volume costante. Oltrechè non è ben nota la ragione per cui la velocità del suono debba variare giusta gli indicati fattori, in questa formola non si tiene conto dell'intensità del suono, la quale ne fa variare la velocità. L'esimio fisico Regnault ha diffatti riconosciuto: 1° che i suoni più intensi si propagano più rapidamente di quelli che sono meno intensi. Allorchè il suono è generato da un colpo di pistola la velocità media di propagazione nell'aria è di 333, 11 per secondo; quando è generato da un colpo di tamburo è di 332, 56. 2° Che la velocità di propagazione diminuisce sensibilmente a misura che lo spazio già percorso aumenta. La velocità media del colpo di un cannone nell'aria tranquilla, secca ed a zero gradi è di 331 per secondo quando la distanza è di 1280 metri, ed è soltanto di 330 metri per secondo quando la distanza è di 2445 metri. La velocità di propagazione del suono non è quindi uniforme, come indica la formola, ma diminuisce col diminuire della sua intensità. Lo stesso fisico ha pure trovato che la velocità del suono in tubi rettilinei è tanto più piccola quanto minore è la sezione del tubo, e che è la stessa qualunque sia la pressione che i gaz sopportano.

La lentezza con cui il suono si propaga in confronto della velocità della luce ci dà la ragione di tanti fatti, per es. dell'intervallo di tempo tra il fulmine ed il tuono, il quale può indicarci la distanza dello stesso fulmine, del perchè il comando di un capitano posto ad una estremità di una colonna di soldati sia sentito in diversi tempi dai diversi soldati, e se la colonna avesse una lunghezza di 332 metri i più remoti lo sentirebbero un secondo più tardi dei più prossimi;

del perchè una lunga colonna di soldati che camminino al passo regolato della musica, i più vicini alla banda abbiano il passo in anticipazione su quelli dei più lontani...

Il moto delle vibrazioni sonore, è come quello delle oscillazioni del pendolo, vario: per un certo tempo è accelerato e per un tempo quasi eguale ritardato. Così una corda da violino spostata momentaneamente dalla sua posizione d'equilibrio vi ritorna con moto accelerato, per gli impulsi di più in più piccoli che riceve, e giuntavi, la oltrepassa, stante la velocità acquistata, con moto ritardato, finchè la resistenza allo spostamento abbia estinto la forza viva, allora torna indietro con moto accelerato e così di seguito. Le onde generate dai moti vibratorii partecipano delle loro proprietà. Ciò posto le onde sonore partecipano delle qualità dei moti vibratorii da cui sono prodotte. Un corpo che vibra va avanti e torna quindi indietro, dondolando al di qua ed al di là della sua posizione d'equilibrio. Le vibrazioni sonore spingono avanti le molecole che sono nella direzione del moto e trascinano seco loro quelle che trovansi nella direzione opposta, condensando le prime e dilatando le seconde, o con altre parole producono nella direzione del moto un'onda condensata, ed un'onda dilatata nella direzione contraria. Un'onda condensata e un' onda dilatata costituiscono un' *ondulazione intiera* ossia un'*onda composta*. Suppongasi che nel brevissimo tempo in cui il corpo vibrante eseguisce il moto d'andata, il moto ondulatorio si propaghi dal primo strato di molecole sino al quarto, quando il corpo vibrante eseguisce il moto di ritorno, i quattro strati di molecole compiono un moto contrario, cioè l'onda che era condensata nel moto d'andata diventa dilatata nel moto di ritorno, e quella che era dilatata diventa condensata; ma nell'atto che il primo strato di molecole si muove in senso contrario, il quarto strato comunica il moto al quinto; quando il secondo strato torna indietro, il quinto comunica il moto al sesto, quando il terzo strato torna indietro ossia si rarefa il sesto comunica il moto al settimo e così di seguito. Indicando con A le onde che si producono in un senso, con B quelle che si produ-

cono in senso opposto; con + le onde condensate con — le onde dilatate, e coi numeri 1, 2, 3, 4, 5 le onde successive, a partire dal corpo vibrante si ha nel primo moto d'andata dal lato A + 1 e dal lato B — 1, nel secondo moto di ritorno si ha dal lato A — 1 + 2 e dal lato B + 1 — 2; nel terzo moto d'andata si ha dal lato A + 1 — 2 + 3; dal lato B — 1 + 2 — 3... A ciascun'onda dilatata o condensata posta da un lato corrisponde un' onda di segno contrario nel lato opposto. In ciascun lato si ha alternativamente un' onda condensata ed un'onda dilatata. Nel lato B l'onda la più lontana dal corpo vibrante è sempre dilatata, nel lato A è sempre condensata. Se dopo la quarta vibrazione il corpo cessasse di vibrare, in un tempuscolo successivo eguale alla durata di ciascuna vibrazione, la prima onda si estinguerebbe, e la quarta ne ingenererebbe una quinta; in un altro tempuscolo la seconda onda verrebbe estinta e la quinta ne produrrebbe una sesta e così di seguito, dimodochè a misura che si estingue una nuova onda nella parte che guarda il corpo vibrante ne viene generata una nuova nella parte rivolta in senso opposto. Ma a mano a mano che le onde si allontanano dal corpo vibrante guadagnano in larghezza e perdono di intensità, e ad una certa distanza il loro moto ondulatorio diventa minimo e quindi nullo. Il punto da cui partono le onde sonore chiamasi *centro fonico* (sonoro). Una serie rettilinea di molecole oscillanti procedente dal centro fonico dicesi *raggio sonoro*. Da un corpo che vibra nell'aria libera, le onde sonore non si propagano in un solo senso, come per facilità di dire si è supposto, ma in tutti i sensi egualmente, e le onde generate sono sferiche, hanno per centro di figura il punto sonoro, e si propagano sfericamente all' intorno del punto stesso.

La lunghezza di un'onda è in ragione diretta della velocità del suono ed inversa del numero delle vibrazioni. Se per es. in un minuto secondo il corpo sonoro compie 800 vibrazioni, ed il suono percorre uno spazio di 333, la lunghezza di un'onda semplice sarà $=\frac{333}{800}$, e quella di un' onda com-

posta $= \frac{333}{400}$, perchè si richiedono due vibrazioni per generare un' intiera ondulazione; se il suono si fosse propagato nell'acqua in cui si muove con una velocità di 1435 per secondo, allora la lunghezza dell'onda composta sarebbe $= \frac{1435}{400}$.

Le onde sonore si muovono in linea retta finchè transitano nel medesimo mezzo, ma se incontrano un altro mezzo diverso vengono parzialmente o totalmente riflesse, secondo i casi e rimbalzano indietro precisamente come fanno i corpi elastici lanciati contro un piano resistente. L' angolo di riflessione che fa il raggio sonoro riflesso colla normale alla superficie riflettente è uguale all'angolo di incidenza che il raggio diretto fa colla stessa normale, ed i due angoli coincidono ossia giaciono nello stesso piano. I suoni riflessi ora producono l'*eco* ora una semplice *risuonanza*.

Si chiama *eco* la ripetizione distinta di un suono dopo un tempo brevissimo da che è stato prodotto: *risuonanza* la ripetizione non distinta di un suono, che confondendosi con questo lo rinforza e lo prolunga. L' eco può ripetere una volta sola o più volte un medesimo suono: se lo ripete una volta sola, dicesi *unifona* o semplice; *polifona* o moltipla, se più volte. L'eco sia unifona che polifona può essere *monosillaba* o *polisillaba* secondochè ripete una o più sillabe. L'eco unifona ha luogo se il suono si riflette sopra una sola superficie: l'eco polifona si sente solo là dove il suono si riflette più volte tra due o più superficie opposte. Un'eco polifona monosillaba si sente sotto il ponte di Dora presso Torino. Un grido, un colpo di mano viene ripetuto da quindici a venti volte. Ad ogni ripetizione però il suono s'infievolisce, e sembra che venga il medesimo ripetuto a dati intervalli da un uomo che fugga, perchè il suono perde d' intensità col riflettersi e col crescere del cammino percorso.

Perchè possa sentirsi l' eco è necessario che la superficie riflettente sia almeno alla distanza di 17 o 20 metri circa dall' uditore, essendochè il nostro orecchio non può distinguere la successione di due suoni se questi non sono sepa-

rati fra di loro da un decimo di minuto secondo almeno; ora siccome il suono ha nell'aria una velocità di circa 340 metri per secondo, in 1/10 di secondo, percorrerà lo spazio di 34 metri, e se la superficie riflettente dista di 17 metri, il suono per giungere a questo, e tornare al punto da cui è partito, avrà 34 metri da percorrere, e si avrà quindi l'intervallo di 1/10 di secondo tra la percezione dei due suoni. Ad una distanza minore si ha la risuonanza, ad una distanza maggiore l'eco polisillaba.

Per mezzo della riflessione si può rinforzare il suono facendo convergere in un solo punto i suoni partiti da punti diversi. In una sala elittica se l'origine del suono si trova in uno dei fuochi, i raggi sonori riflettendosi si concentrano nell'altro fuoco. Nei *gabinetti parlanti* ogni minimo suono cho parta da un fuoco è distintamente sentito da chi si trova nell'altro fuoco e non da coloro che si trovano in altri siti. Nel *cornetto acustico* i suoni che partono dalla parte più ampia sono per mezzo della riflessione concentrati nella parte ristretta che si pone nell'orecchio dei sordi mentre si parla entro l'altra estremità. Le pareti delle chiese, delle sale parlamentari, di quelle da musica debbono essere atte a riflettere e rinforzare i suoni e non a disperderli entro buchi o smorzarli con panni ed altri corpi analoghi.

Le onde sonore che penetrano, senza riflettersi, nel nuovo mezzo che incontrano, cangiano, nell'atto del passaggio, di direzione ossia si refrangono, se la loro direzione non è normale alla superficie di separazione dei due mezzi, nel qual caso vanno avanti senza refrangersi. La direzione rettilinea secondo cui il suono rifratto cammina nel secondo mezzo non è più la stessa che nel primo, e l'angolo che dessa fa colla normale alla superficie rifrangente dicesi *angolo di rifrazione*. La rifrazione del suono obbedisce alle stesse leggi di quella della luce, e dipende dal diverso grado di velocità con cui il suono cammina nei due mezzi. Le onde sonore, quando passano da un mezzo di minore in un altro di maggiore velocità di propagazione nel rifrangersi si avvicinano alla normale e reciprocamente. Il moto sonoro, al-

lorchè incontra la superficie di un nuovo mezzo, raramente si rifrange o si riflette in totalità, ma in generale si comporta come un corpo elastico nell'urto obliquo, si divide cioè in due parti, una continua a muoversi nel nuovo mezzo, rifrangendosi all'ingresso, l'altra torna indietro riflettendosi. Supponendo che dopo l'urto tutto il movimento risultante sia ancora sonoro, è chiaro che la somma delle velocità dei movimenti rifratto e riflesso sarà eguale alla velocità del movimento incidente, e che i due suoni rifratto e riflesso sono complementari e quindi in ragione inversa l'uno dell'altro.

Ciascun'onda sonora si compone di due moti contrarii ed opposti. Due onde sonore che camminano nella stessa direzione od in direzione contraria possono raggiungersi od incontrarsi mentre i loro moti vanno nel medesimo senso od in senso contrario. Nel primo caso le velocità dei loro moti si sommano insieme ed il suono si rinforza, nel secondo caso si elidono e si estinguono in parte od anche in tutto ed il suono si indebolisce o si spegne completamente. In ciò consiste il fenomeno a cui si dà il nome di *interferenza* delle onde sonore. Accostando all'orecchio un corista vibrante, e facendolo girare lentamente intorno al proprio asse si trovano quattro posizioni, in cui il suono si sente più intenso, e quattro in cui il suono è nullo, e debolissimo, effetto dell'interferire che fanno le vibrazioni dei due rami del corista. Si hanno pure magnifici effetti d'interferenze sonore, facendo girare sopra un medesimo asse due sirene eguali, rivolte l'una contro l'altra. . .

Le principali qualità fisiche del suono sono *l'intensità, la tempera e l'altezza od il tono*. I suoni non hanno tutti la stessa intensità o la stessa energia: è più forte, più intenso il suono di una gran-cassa, e si ode più da lontano, che quello di un violino o di una chitarra. L'intensità del suono dipende dal grado di differenza di elasticità che produce l'onda sonora. È tanto maggiore quanto più veloce è il moto vibratorio, perchè la differenza di elasticità che è causa del moto cresce colla velocità. Le vibrazioni isocrone producono un suono tanto più intenso quanto maggiore è la loro am

piezza, perchè il loro grado di velocità e quindi di elasticità cresce col crescere della loro ampiezza. L'intensità del suono che si propaga sfericamente intorno al centro sonoro ed in un mezzo omogeneo varia in ragione inversa dei quadrati delle distanze perchè l'eccesso di forza elastica che fa propagare le onde sonore diminuisce in ragione dello spazio in cui si spande e quindi in ragione diretta dei quadrati delle distanze. Se si costringe il suono a propagarsi in uno spazio ristretto per es. in un tubo, allora perde pochissimo della sua intensità nell'allontanarsi di più in più dal centro sonoro. Recenti sperienze di Regnault dimostrano, contrariamente a ciò che erasi finquì ammesso, che anche nei tubi rettilinei le onde sonore diminuiscono successivamente d'intensità per più cagioni e soprattutto per l'azione che le pareti dei tubi esercitano sulla loro forza viva. Sulle proprietà che hanno i suoni di perdere poco di intensità quando non possono spandersi da tutte le parti sono fondati i *portavoce* consistenti in tubi, che si fanno diramare a traverso i muri nelle varie parti di un appartamento per parlare da una camera all'altra: lo *stetoscopio* consistente in un tubo di legno che applicato al petto o al ventre dell'infermo, trasmette all'orecchio del medico i suoni che hanno luogo nell'interno del corpo.

L'intensità del suono cresce col crescere della densità del mezzo per cui si propaga, perchè l'eccesso di elasticità che produce le onde sonore cresce colla densità del mezzo da scuotere. L'intensità del suono è maggiore quando si propaga nei solidi e nei liquidi che quando cammina nei gaz, ed a parità di stato fisico, è tanto maggiore quanto più grande è la densità. Così è minore nel gaz idrogeno che nell'aria, maggiore nel gaz acido carbonico, è minore nell'aria rarefatta che in quella compressa come si può dimostrare facendo suonare la sveglia nella campana della macchina di compressione e variare contemporaneamente il grado di condensazione dell'aria contenuta nella campana. Il suono è meno intenso sulle alte montagne dove l'aria è più rarefatta che nelle pianure. Il vento trasportando rapidamente le molecole del-

l'aria da uno in un altro luogo ed alterandone la sua densità influisce sull'intensità del suono: in generale la indebolisce.

La tempera che alcuni dicono anche *metallo* è quella qualità per cui un suono si distingue da un altro ancorchè abbia la stessa altezza ed eguale intensità: essa dipende dalla natura del corpo sonoro e dalla sua forma. Le molecole dei corpi sonori vibrano anche sonoramente ed in un modo diverso secondo della loro natura, di qui il perchè il suono che rende un corpo ha una tempera diversa di quello che rende un altro corpo, di guisa da potersi distinguere la natura di un corpo dalla tempera del suo suono. La tempera del suono di una campana varia al variare della natura e quantità relativa dei metalli da cui è formata. Secondo Helmholtz la diversa tempera dei suoni dipenderebbe essenzialmente dal modo con cui varia la velocità assoluta delle molecole nelle varie fasi della loro vibrazione. Le parti del corpo sonoro non vibrano tutte precisamente colla stessa cadenza, dal che ne segue che le vibrazioni trasmesse all'aria non sono generalmente affatto pendulari, e la curva delle velocità assolute invece di essere una sinusoide ben definita, presenta qua e là degli ondeggiamenti ed increspamenti varii che colpiscono l'orecchio in modo svariatissimo, precisamente come fanno diversi suoni che arrivino simultaneamente a percuoterlo. Di qui nascono tutte le varietà di tempera.

L'altezza del suono dipende dal numero delle vibrazioni fatte dal corpo sonoro in un dato tempo. I suoni sono tanto più alti quanto maggiore è il numero delle vibrazioni da cui sono prodotti: i suoni poco alti diconsi *gravi* o *bassi*, quelli più alti *acuti*. La gravezza e l'acuità dei suoni non sono che relative; e un suono può essere grave relativamente ad un altro, mentre è acuto o alto riguardo ad un terzo. Il rapporto di gravità e di acutezza di due suoni costituisce il *tono* o il loro grado relativo d'altezza. Per mezzo della ruota dentata di Savart, della Sirena si dimostra che il grado d'altezza dei suoni dipende dal numero delle vibrazioni. La ruota di Savart nel girare batte coi suoi denti collocati ad eguale distanza l'uno dall'altro contro una carta da giuoco,

e per ognuno degli urti dati dai denti produce una vibrazione intiera poichè la carta è percossa prima in un senso, poi, per la sua elasticità ritorna sopra se stessa. Sapendo il numero dei denti di cui è munita l' intiera circonferenza della ruota ed il numero dei giri che fa in un dato tempo, è facile il calcolarne il numero delle volte che la carta in un minuto secondo è percossa dai denti. Allorchè si fa girare lentamente la ruota, si sentono separatamente gli urti che ciascuno dei suoi denti produce incontrando la carta, ma se il suo movimento è tale che si abbiano almeno 20 di questi urti in 1" si ha un suono grave continuo, paragonabile a quello di uno stromento musicale con cui si può mettere all'*unisono*. Aumentando gradatamente la velocità della ruota si ottiene un suono sempre più alto. Una serie di suoni gradatamente crescenti in altezza per salti od intervalli ora maggiori ora minori cominciando dal suono più grave fino al più acuto percettibile dall' uomo chiamasi *scala musicale* in cui distinguonsi più *gamme* o periodi di sette suoni distinti e separati da intervalli determinati. I suoni di ciascuna gamma, cominciando dal più basso e passando successivamente al più alto hanno ricevuto per ordine i seguenti nomi *ut* o meglio *do, re, mi, fa, sol, la, si*. La prima nota del periodo segnato è di nuovo un *do* e dicesi l'*ottava* od anche l'ottava alta del *do* precedente. Si è riconosciuto che prendendo = 1 il nnmero delle vibrazioni che costituiscono il primo *do*, quelle che rappresentano le altre note sono date dai numeri seguenti *re* 9/8; *mi* 5/4; *fa* 4/3; *sol* 3/2; *la* 5/3; *si* 15/8; *do* 2. Per determinare il numero assoluto delle vibrazioni corrispondenti alle diverse note musicali si è scelta la gamma il cui *do* corrisponde al suono più grave del contrabasso, e si è trovato che il numero delle vibrazioni che lo producono è di 128 per minuto secondo. Moltiplicando quindi questo numero per le indicate frazioni si hanno i prodotti seguenti: *do* 128; *re* 144; *mi* 160; *fa* 170; *sol* 192; *la* 214; *si* 240. Moltiplicando per 2, 4, 8 questi numeri, si ha il numero assoluto di vibrazioni delle note delle gamme superiori a quella che ne servì di base, e dividendoli per gli

stessi numeri 2, 4, 8, si hanno quelli delle note delle gamme inferiori, le quali vengono indicate coll'indice —1; —2; —3... indicando con i semplici numeri 2, 3, 4... le note delle gamme superiori.

In musica chiamasi *intervallo* il rapporto di un suono ad un altro, il quale è detto *seconda*, *terza*, *quarta*... secondochè i suoni che si paragonano si conseguono immediatamente nella scala musicale oppure sono separati fra loro da una, due, tre... note. Quindi l'intervallo tra *do* e *re*, tra *re* e *mi* è una seconda, tra il *do* e il *si* è una settima. Si ottengono questi intervalli dividendo il numero delle vibrazioni della nota superiore per quello della nota inferiore con cui si paragona. Gli intervalli delle note consecutive della gamma sono 9/8, 10/9, 16/15, 9/8, 10/9, 9/8, 16/15. Il primo numero frazionario indica l'intervallo tra il *do* e *re*, il secondo tra il *re* e il *mi*... Risulta che gli intervalli diversi si riducono a tre che sono 9/8, 10/9, 16/15. Il primo che è il più grande viene chiamato *tono maggiore*, il secondo *tono minore*, il terzo *semi-tono maggiore*. L'intervallo tra il primo e il secondo di questi toni detto *comune* è rappresentato da 81/80 ed è il più piccolo fra tutti quelli di cui si fa uso in musica. Le note della gamma non sono i soli suoni impiegati in musica, si usa anche dei *diesis* e dei *bemolle*. Una nota affetta da *diesis* va alzata di mezza voce o di mezzo tono; debbe al contrario abbassarsi di mezzo tono ove sia affetta dal segno *bemolle*. L'esperienza ci dimostra che il numero delle vibrazioni di un dato suono sta al numero delle vibrazioni dello stesso suono *diesis* come 24 : 25, ed al numero delle vibrazioni dello stesso suono *bemolle* come 25 : 24.

I suoni variano all'infinito in quanto all'intensità, alla tempera e sovrattutto all' altezza, ossia al numero delle vibrazioni da cui sono prodotti. Il numero delle vibrazioni fatto da una corda sonora in un tempo determinato, dipende dal diametro, dalla lunghezza, dalla tensione e dalla densità della corda; dimodochè a parità degli altri fattori il numero delle vibrazioni trasversali è in ragione inversa del diametro, perchè la forza elastica sviluppata in ciascuna serie longitudi-

nale di molecole componenti la corda, diminuisce a misura che il diametro della corda cresce: in ragione inversa della lunghezza perchè a misura che la corda è più lunga, l'ampiezza delle vibrazioni cresce e le vibrazioni perdono in numero quanto guadagnano in ampiezza: in ragione inversa della radice quadrata della tensione perchè l'energia della forza elastica che fa vibrare la corda, varia in questo rapporto: ed in ragione inversa della radice quadrata della densità perchè le velocità sono in ragione inversa delle masse, ed un corpo a parità di volume e di elasticità ha una massa tanto più grande quanto più è denso. Queste leggi dimostransi sperimentalmente col sonometro: esse si rappresentano con la seguente formola $n = \frac{l}{rl} \sqrt{\frac{p}{\pi d}}$ in cui n indica il numero delle vibrazioni, r d l il raggio, la densità, la lunghezza della corda, p il peso che la stira, π il rapporto della circonferenza al diametro. La vibrazione di una corda è la risultante delle vibrazioni di tutte le molecole che la compongono. Talvolta le molecole si compongono direttamente nella risultante vibratoria maggiore, talvolta si compongono prima in risultanti vibratorie minori, le quali a loro turno si compongono poi nella risultante maggiore. Le vibrazioni parziali minori debbono essere eguali tra loro, altrimenti le vibrazioni maggiori distruggono le minori e le fanno vibrare come loro stesse. Chiamansi *nodi* di vibrazione i punti fissi che si producono in una corda che vibra, divisa in un certo numero di parti. Chiamasi *ventre* di vibrazione il punto intermedio a due nodi. Nei ventri le vibrazioni hanno ampiezza e quindi velocità massima, nei nodi minima. I ventri ed i nodi rendonsi sensibili col tremollo di pezzetti di carta posti a cavalcioni lungo le corde vibranti; sui ventri gli archetti di carta saltellano di più, sui nodi di meno. Le porzioni di corda comprese tra due nodi debbono vibrare, come lo farebbe una corda lunga quanto lo è ciascuna delle porzioni in cui si divide, e che fosse fissa alle due estremità.

Le corde oltre le vibrazioni trasversali perpendicolari all'asse della corda, eseguiscono ancora delle vibrazioni longi-

tudinali parallele al loro asse. Confricando una corda nel senso della sua lunghezza col dito o con un pezzetto di pelle impregnato di colofonia, si sente tosto il suono dovuto alle vibrazioni longitudinali. Le molecole si avvicinano nel senso della confricazione e si allontanano nel senso opposto. Le vibrazioni che producono nel ritornare allo stato di equilibrio debbono essere più rapide delle trasversali perchè meno ampie, non potendo fare come queste delle escursioni così lunghe. Le vibrazioni longitudinali possono anche dividersi in parti che vibrano separatamente come le trasversali.

Tutti i corpi elastici (membrane, lastre, verghe...) possono produrre, come le corde, delle vibrazioni trasversali e di quelle longitudinali suscettive di dividersi in parti che vibrano separatamente. Le membrane flessibili, come sono le pelli, la carta... tese su cerchii o tamburi, o telai qualunque, scosse fanno delle vibrazioni sonore e si dividono pure in concamerazioni separate da linee nodali. Le lastre di vetro o metalliche fissate con viti di pressione e quindi strofinate con un archetto da violino vibrano, e nel vibrare dividonsi sempre in varie concamerazioni o parti, che formano ventri vibranti separatamente divisi gli uni dagli altri da linee nodali. Due concamerazioni contigue vibrano sempre in direzioni contrarie, cioè mentre il movimento dell'una è diretto da una parte delle lastre, quello dell'altra è diretto dalla parte opposta; quindi necessariamente le concamerazioni sopra una medesima lastra sono sempre in numero pari. Rendonsi sensibili all'occhio le linee nodali e le divisioni delle lastre vibranti spargendo sopra una faccia un po' di sabbia, la quale al vibrar delle lastre saltella e si accumula lungo le linee nodali. Le campane, i tam-tam... possono paragonarsi alle lastre.

I gaz possono anche mettersi in uno stato costante di vibrazione, e diventare corpi fonici. I suoni degli stromenti a vento, flauto, organi, corni, trombe dipendono dalla vibrazione dell'aria. I moti vibratorii dei gaz e quindi i suoni che producono variano secondo la forma e natura degli stromenti, secondo la natura dei gaz, e secondo le forze con cui i gaz

vengono spinti nello stromento. Le vibrazioni dei gaz possono anche dividersi, come quelle delle corde, delle lastre in parti che vibrano separatamente. Negli strumenti da fiato le varie note della scala musicale possono essere ottenute con altrettanti tubi di lunghezza invariabile (organo, zampogna) o da un tubo solo, la cui lunghezza si fa variare col chiudere od aprire dei fori praticati nella lunghezza del tubo (flauto, clarinetto) oppure con un solo tubo di lunghezza invariabile aperto ad ambi i capi (tromba senza chiavi) spingendo l'aria con energia diversa. Negli stromenti a corda si ottengono le varie note in due modi ben distinti: negli uni ci sono tante corde quante note si vogliono ottenere (arpa, piano), ciascuna corda è destinata a dare una nota, e si ottiene lo scopo col tenderla nella giusta misura che le compete; in altri (chitarra, violino) si ottengono le varie note con poche corde la cui lunghezza il suonatore può far variare a beneplacito mentre suona, premendole in luogo acconcio colle dita. L'organo vocale dell'uomo è considerato da alcuni come uno stromento a vento o da fiato; da altri come uno stromento a linguetta. Consiste principalmente in un canale detto *trachea*, terminato superiormente da una specie di testa chiamata *laringe*, la quale ha una apertura detta *glottide*, che trasmette l'aria nella cavità della bocca e delle fosse nasali, l'aria contenuta nei polmoni viene spinta fuori con varia energia dall'azione dei muscoli pettorali, passa nella trachea e quindi nella laringe e genera il suono.

La coesistenza di più suoni ora dà luogo ad una *consonanza* ora ad una *dissonanza* secondochè produce in noi una sensazione piacevole od ingrata. La consonanza o *l'accordo* il più semplice e l'*unisono* ossia quella di due note di eguale altezza o tono. Dopo l' unisono viene l'*accordo di ottava* quando l'intervallo tra le due note è di un ottava, quindi l'accordo di *terza*, di *quinta*, e di *terza* e *quinta*. Quest'ultimo detto anche accordo perfetto è quello di tre suoni, il cui intervallo è quello stesso che havvi tra la prima nota del gamma la terza e la quinta (do, mi, sol; fa, la do; sol, si re). L'*armonia* consiste in una successione di accordi o nella

coesistenza di alcune melodie. La *melodia* consiste in una serie di suoni che si succedono a certi intervalli e con certo ordine. Chiamansi suoni armonici quelli che sono prodotti da vibrazioni i cui numeri relativi stanno fra loro come i numeri 1, 2, 3, 4, 5. Sono quindi suoni armonici il suono fondamentale, la sua ottava, la quarta dell'ottava, o la duodecima, la doppia ottava... Allorchè si ascolta attentamente e da un orecchio educato alla musica il suono di una corda piuttosto grossa, si distinguono facilmente oltre il suono fondamentale alcuni altri suoni armonici più acuti prodotti da vibrazioni parziali in cui la corda si è divisa, vale a dire il suono 2 che corrisponde alla sua metà (l'ottava), il suono 3 che corrisponde al suo terzo (la quarta dell'ottava) e qualche volta anche il suono 5 che sarebbe dato dalla sua quinta parte (la terza della doppia ottava). La corda si divide dunque in parti (2, 3, 4, 5...) capaci di produrre suoni che sieno in armonia col suono principale. Per accordare in un modo uniforme tutti gli stromenti di un'orchestra si impiega il *diapason* il quale dà un suono invariabile allorchè si fa scorrere orizzontalmente su di una delle sue branche un archetto di violino... Il più spesso adoperato è quello che dà il la^3.

Gli accordi ed i disaccordi dipendono dal rapporto dei numeri delle vibrazioni che producono simultaneamente suoni diversi. I suoni, le note che fanno accordo sono prodotte da numeri di vibrazioni che hanno rapporto semplicissimo. Così le vibrazioni del *do* e del *mi* stanno tra di loro come 1 : 5/4 ossia come 4 a 5 vale a dire ogni quattro vibrazioni del *do* ne succedono cinque del *mi*, e la quarta vibrazione del *do* coincide colla quinta del *mi*. Questa coincidenza che succede regolarmente ed a brevissimi intervalli è la cagione dell'accordo. Nell'accordo d'ottava la coincidenza ha luogo per tutte le vibrazioni della nota più bassa... Due suoni ossia note consecutive fanno dissonanza perchè sono prodotte da numeri di vibrazioni i cui rapporti sono complessi. Così p. es. il numero delle vibrazioni del *do* sta a quello del *re* come 1 : 9|8 ossia 8 : 9, la coincidenza di vibrazione succederebbe solamente ogni 8 vibrazioni del *do* e 9 del *re* cioè ad intervalli

molto lunghi. Le diverse parti dell'orecchio, muscoli membrane, nervi..., quando ascoltiamo un suono vibrano all'unisono di questo suono e si accordano successivamente senza alterarsi ad una serie di altri suoni che presentano col primo dei rapporti semplici, in caso contrario si contrastano e si alterano saltando improvvisamente da una posizione ad un altra e producono una sensazione spiacevole. Le vibrazioni contemporanee che producono una grata sensazione sull'udito; ne producono pure, secondo Galileo, una grata sull'occhio, e quelle che sono ingrate all'udito sono pure sgradevoli all'occhio. « Sospendete, scriveva questo immortale fisico, palle di piombo, o altri simili gravi a tre fili di lunghezze diverse, ma tali, che nel tempo, che il primo fa due vibrazioni il più corto ne faccia quattro, ed il mezzano tre... e rimossi tutti insieme dal perpendicolo, e poi lasciateli andare, si vedrà un intrecciamento vago di essi fili con incontri varii, ma tali, che ad ogni quarta vibrazione del più lungo tutti tre arriveranno al medesimo termine unitamente, e da quello poi si partiranno reiterando di nuovo l'istesso periodo; la quale mistione di vibrazioni è quella, che fatta dalle corde rende all'udito l'ottava colla quinta di mezzo. E se con simile disposizione si andranno temperando le lunghezze di altri fili, sicchè le vibrazioni loro rispondano a quelle di altri intervalli musici, ma consonanti, si vedranno altri ed altri intrecciamenti, e sempre tali, che in determinati tempi, e dopo determinati numeri di vibrazioni, tutti i fili (sieno tre o sieno quattro) si accordano a giungere nell'istesso momento al termine di loro vibrazioni, e di lì a cominciare un altro simile periodo. Ma quando le vibrazioni di due o più fili sieno, o incommensurabili, sicchè mai non ritornino a terminare concordemente determinati numeri di vibrazioni, o se pur non essendo incommensurabili, ci ritornano dopo lungo tempo, e dopo gran numero di vibrazioni, allora la vista si confonde nell'ordine disordinato di sregolata intrecciatura, e l'udito con noia riceve gli appulsi intemperati dei tremori dell'aria, che senza ordine, o regola vanno a ferire sul timpano ».

I corpi possono prendere lo stato vibratorio e diventare sonori senza essere confricati ma per la semplice influenza di altri corpi sonori. Una lastra di vetro, di legno, di metallo una membrana tesa... diventano sonore se si mettono al contatto di una corda che vibra e del corista che suona. Savart ha sperimentalmente riconosciuto che la direzione del moto vibratorio trasmesso è parallelo al movimento primitivo, dimodochè nel trasmettersi la sua direzione è conservata. Toccando con una lastra coperta di sabbia una corda che vibra trasversalmente, e all'istante la sabbia scorre tangenzialmente senza distaccarsi dalla superficie, facendo che la corda vibri longitudinalmente, la sabbia salta subito in alto. Si può far vibrare una corda facendogliene vibrare un altra da vicino, purchè le due corde, della stessa natura ed egualmente tese, abbiano una lunghezza eguale, ovvero che la lunghezza dell'una sia un moltiplo o un sotto moltiplo intero dell'altra. I vetri, le corde tese ed altri analoghi corpi si mettono a suonare allorchè possono produrre dei suoni armonici con quelli che sono trasmessi dall'aria. L'intensità del suono, prodotto da un corpo qualunque che vibra, e quindi accresciuta dalle vibrazioni dei corpi sonori con cui è a contatto, dalle vibrazioni dei corpi lontani che possono produrre uno dei suoni armonici e che eccitati dalle ondulazioni dell'aria si mettono a vibrare. Le casse dei violini, delle chitarre, dei cembali... vibrano all'unisono delle corde ed aumentano l'intensità del suono.

I suoni prodotti dai diversi stromenti di un'orchestra non provano per la loro simultaneità alcuna alterazione, e ciascuno dei suoni produce sopra di noi la stessa sensazione che produrrebbe se fosse solo, lo che prova che le onde sonore partite nello stesso tempo da diversi punti possono propagarsi insieme senza confondersi, senza alterarsi in alcun modo. Questa conseguenza dell'osservazione è pure un risultato della teoria, conosciuta in meccanica sotto il nome di principio della *sovraposizione dei piccoli movimenti.* Egli è in virtù di questo principio che le onde formate sopra diversi punti della superficie dell'acqua si propagano, incrociandosi

in tutti i sensi senza punto alterarsi. I suoni discordanti tendono a mettersi d'accordo se gli strumenti musicali possono variare il modo di vibrare e quindi di suonare. Nell'armonia chimica quando il suono è d'accordo con quello di qualche stromento musicale, la fiamma che fa suonare il tubo è tranquilla, quando poi non vi è accordo allora la fiamma si agita e si contorce onde produrre un suono armonico. Questo fatto dimostra sempre più che la natura tende all'armonia.

Il suono cangia le condizioni d'esistenza dei corpi e può quindi indurli a convertirsi in altri corpi ed essere causa eccitatrice di chimiche trasformazioni. Le vibrazioni che certe sostanze producono nell'atto che detuonano possono turbare l'equilibrio chimico di alcuni corpi esplosivi e determinarne istantaneamente la loro decomposizione. È noto che il vino si conserva meglio nelle cantine lontane dai rumori che nelle altre: in quelle soggette a frequenti rumori si altera con molta facilità. Non sono molti anni, in Asti si è alterata una grande quantità di vino per il rumore di una pompa che si è posta ai lati esterni di uno dei muri della cantina per estrarre l'acqua da un pozzo, nella quale cantina il vino si conservava benissimo prima che vi si collocasse la pompa.

Le vibrazioni corpuscolari che sono causa delle radiazioni luminose, calorifiche e chimiche essendo immensamente brevi e veloci non sono come le sonore visibili. Ma siccome l'effetto è uguale alla causa, siccome le radiazioni sono simili alle vibrazioni, così lo studio degli effetti, delle radiazioni ci fa conoscere le cause, le vibrazioni. Le ondulazioni luminose sono in media più brevi delle calorifiche e più lunghe delle chimiche. A parità di mezzo le ondulazioni sono tanto più brevi quanto minore è la durata delle vibrazioni. La durata delle vibrazioni delle corde, a parità di condizioni, è in ragione diretta della loro grossezza. La grossezza delle molecole chimiche tramezza quella degli atomi e delle molecole fisiche. Ciò posto le radiazioni luminose debbono essere prodotte dalle vibrazioni delle molecole chimiche, le calorifiche dalle vibrazioni delle molecole fisiche, e le chimiche dalle vibrazioni atomiche. Le molecole sia fisiche che chimiche com-

piono due specie principali di vibrazioni, le equatoriali e le assiali. Le radiazioni calorifiche e luminose debbono essere prodotte dalle vibrazioni equatoriali, le assiali debbono essere causa delle radiazioni elettriche e magnetiche. Come un suonatore con modificare in vario modo l'elasticità degli stromenti musicali li fa vibrare e quindi suonare in un modo diverso, così la gravitazione universale con condensare ed ordinare diversamente la materia e con modificarne in vario modo la sua elasticità la fa vibrare e quindi radiare in modi diversi. Come gli strumenti musicali cessano di suonare se si cessa di modificarne la loro elasticità, così la materia cesserebbe di vibrare, di muoversi ed il mondo piomberebbe nel nulla se non venisse più condensata e modificata dalla gravitazione.

Tutti i corpi risultano da molecole chimiche e sono quindi animati da vibrazioni luminose, le quali sebbene non sieno per la massima parte sentite dagli uomini, lo sono però da certi animali e dagli stessi uomini quando sono affetti da speciali malattie. Gli animali carnivori hanno la capacità di vedere di notte. Nelle malattie isteriche alcuni ammalati veggono distintamente nella più profonda oscurità. Diconsi *luminosi* i corpi le cui vibrazioni chimiche sono sensibili ai nostri occhi: *illuminati* quelli che riflettono le radiazioni luminose. La luna è un astro illuminato soprattutto dalla luce del sole; quando passa nell'ombra della terra diviene oscura e si ha l'ecclissi di luna. Il sole, le stelle, alcune comete, le fiamme... sono corpi luminosi, vale a dire formati di molecole chimiche che vibrano più velocemente di quelle degli altri corpi. L'essere un corpo luminoso o meno è un effetto che dipende dalla ragione universale, la quale induce la materia esistente nei diversi luoghi ad individuarsi in molecole chimiche diverse che vibrano con velocità più o meno grandi. La ragione universale che nella genesi dell'Universo ordinò alla materia di condensarsi in individui, in astri diversi, che ordinò agli astri che noi chiamiamo sole e stelle di occupare il centro dei grandi sistemi cosmici, è quella che presentemente dispone che le loro molecole chimiche vibrino più

velocemente di quelle degli altri astri. Le fiamme, tranne quelle di origine elettrica, sono prodotte dalle considerevoli velocità che acquistano le molecole chimiche di parecchi corpi nell'atto della loro formazione per la gravità che ne condensa fortemente le loro molecole. Le fiamme che contengono delle particelle solide sono più luminose delle altre. La fiamma del gaz idrogeno carbonato è più luminosa di quella del gaz idrogeno, perchè la prima contiene delle particelle solide di carbonio, mentre nella seconda non esiste alcuna materia solida. Per analoga ragione le fiamme dello zinco, del fosforo sono più luminose di quelle del solfo, dell'arsenico... Bisogna quindi che le molecole chimiche dei corpi solidi abbiano più attitudine a vibrare luminosamente delle altre. Frankland ha testè riconosciuto che le fiamme di idrogeno, di ossido di carbonio... che sono pochissimo luminose alla pressione ordinaria dell'atmosfera acquistavano in luminosità crescendo la pressione. Ad un'alta pressione la luminosità di una fiamma d'idrogeno è paragonabile a quella di una candela. Frankland attribuisce l'aumento di luminosità all'accrescimento della densità; H. Deville all'aumento di temperatura. Una pressione estrinseca opera nello stesso senso di un'attrazione che emani dal centro. Nei corpi solidi che rendono luminose le fiamme, le attrazioni molecolari sono assai più considerevoli che negli altri corpi. L'aumento della pressione condensa i gaz, ne accresce le loro velocità e li avvicina alle condizioni dei corpi solidi, di qui il perchè aumenta la luminosità delle fiamme che non contengono corpi solidi.

Come il moto di rotazione della terra è indipendente dal suo moto di rivoluzione, così le vibrazioni luminose sono anche indipendenti dalle calorifiche. In generale però avviene che le velocità delle vibrazioni luminose crescono di pari passo di quelle calorifiche, dimodochè un corpo luminoso è anche caldo, e l'accrescimento di luminosità è accompagnato da aumento di temperatura. I corpi non diventano luminosi che quando sono riscaldati a temperatura molto elevata. Fanno eccezione a questa legge i corpi detti fosforescenti, i quali sono sorgenti di luce e non di calore. In questi corpi sono

rapide le vibrazioni luminose e non le calorifiche. Può essere che nei corpi luminosi e caldi vibrino insieme rapidamente la monade chimica e gli atomi, ed in quelli fosforescenti vibri solo rapidamente la monade chimica. Si conoscono dei vermi e degli insetti lucenti. Vi hanno corpi (solfuro di zinco, zucchero. . .) che divengono fosforescenti mediante lo strofinamento: altri acquistano la fosforescenza per l'azione della luce (fosforo di Bologna) o del calore od anche dell'elettrico. I corpi in cui la fosforescenza non dura che per brevissimo tempo chiamansi *fluorescenti*. La fluorescenza è dunque una fosforescenza, la quale cessa tosto che il corpo non sia più sottomesso all'influenza immediata della luce solare. Questo fenomeno fu osservato la prima volta nello spato fluore, d'onde il nome di fluorescenza.

Le vibrazioni molecolari dei corpi luminosi si comunicano all'etere e si propagano in essi sotto forma d'onde, le quali agendo sui nostri occhi producono la sensazione della luce. In ciò consiste la *teoria dell'ondulazione*. *Nella teoria* detta *dell'emissione* si ammette che la luce sia formata di parti tenuissime emesse dai corpi luminosi. Molto probabilmente i corpi luminosi nell'atto che comunicano le loro vibrazioni all'etere emettono delle forme vive simili contenènti delle quantità immensamente piccole d'etere, le quali si propagano colla stessa velocità delle onde eteree. Le forme vive luminose e le ondulazioni essendo simili alle vibrazioni, ne viene che le forme vive luminose sono simili alle ondulazioni eteree, e producono quindi delle sensazioni simili. La teoria dell'emissione può dunque essere conciliata con quella dell'ondulazione.

La luce che i corpi luminosi spandono in tutti i sensi si propaga con una velocità di circa 316000 chilometri in un minuto secondo ed in tante linee rette chiamate *raggi luminosi* se il mezzo per cui si diffonde è omogeneo. La luce solare che entra per un piccolo foro in una camera scura, forma in questo un tratto luminoso rettilineo. Se si mette un corpo opaco nella retta che unisce il nostro occhio ad un punto luminoso, questa non è più visibile. La velocità di

propagazione della luce è stata determinata la prima volta da Roemer nella seconda metà del secolo decimo settimo osservando gli ecclissi del primo satellite di Giove. La Terra nel descrivere la sua orbita intorno al sole per un certo tempo si avvicina al pianeta Giove, e per un eguale tempo si allontana di una lunghezza eguale al diametro della sua orbita, e giunta ai due estremi opposti per un tempo breve nè si avvicina nè si allontana. Ebbene osservando i successivi ecclissi del primo satellite di Giove si trova che l'intervallo tra due immersioni o tra due emersioni è di 42^{ore}, 28', 35", quando la distanza tra Giove e la Terra non varia; quando la distanza cresce si ha un ritardo cioè un intervallo maggiore, e quando diminuisce un avanzo cioè un intervallo minore; il ritardo non può attribuirsi che allo spazio maggiore e l'avanzo che allo spazio minore che debbe percorrere la luce per giungere alla Terra. Sommando insieme tutti i ritardi trovati osservando i successivi ecclissi a cominciare dall'istante in cui la distanza tra Giove e la Terra è minima finchè sia massima si ha un totale di 986", 4: ad analogo risultato si arriva sommando tutti gli avanzi. La luce impiega dunque 986", 4 per percorrere uno spazio eguale al diametro dell'orbita terrestre che è di 306, 719, 846, 710 metri circa, e per conseguenza avrà una velocità di 316000 chilometri per minuto secondo. Se la luce impiega 986", 4 per percorrere il diametro dell'orbita terrestre, è chiaro che per percorrere il raggio di quest' orbita ossia per giungere dal sole a noi, impiegherà 493", 2 ossia un poco più di otto minuti. Bradley, Foucault e Fizeau determinarono la velocità della luce con altri metodi ed ottennero dei numeri che differiscono poco da quello ottenuto da Roemer: Foucault e Fizeau hanno inoltre riconosciuto che la luce cammina più lenta nell'acqua che nell'aria.

La velocità di propagazione della luce è estremamente più grande di quella del suono, imperocchè la materia ha più attitudine a concepire e trasmettere i moti luminosi che quelli sonori siccome quella che è naturalmente animata dei primi moti e non dei secondi. La luce, a differenza del suono, si

propaga anche per il solo etere e quindi nel vacuo. I corpi diconsi *trasparenti* o *diafani*, se le onde luminose si propagano per essi liberamente; *pellucidi* o *semitrasparenti* se si propagano solo in parte; *opachi* se non si propagano. I corpi gassosi, gran numero di corpi liquidi, e fra i solidi il vetro e molti corpi cristallizzati sono *trasparenti;* la carta unta, il vetro smerigliato e molte sostanze minerali sono *pellucide;* i metalli, i legni, il corpo degli animali, ed in generale i corpi che hanno colori molto carichi sono *opachi*. La trasparescenza, la pellucidità e l'opacità sono proprietà che dipendono soprattutto dalla struttura molecolare, essendochè dei corpi trasparenti cangiando di struttura diventano opachi e reciprocamente. L'acido arsenioso trasparente abbandonato a se stesso cambia struttura e diviene opaco. Il vetro perde col tempo della sua trasparenza perchè varia di struttura. L'idrofano, come pure, giusta le osservazioni di Delarive, i corpuscoli organici ospitanti nell'aria allo stato secco sono opachi, ed allo stato umido sono trasparenti. Di qui il perchè l'atmosfera quando l'aria è umida è più trasparente e più limpida che quando l'aria è secca, e che ben sovente la grande limpidità e trasparenza dell'atmosfera è pronostico di pioggia.

Nella luce si debbe come nel suono distinguere la riflessione, la rifrazione, le interferenze, l'intensità, l'altezza ed il timbro. La luce incontrando la superficie dei corpi opachi viene in parte riflessa in un modo regolare od irregolare, ed in parte assorbita ed estinta. Anche le superficie dei corpi trasparenti e pellucidi riflettono un poco di luce in grazia della quale si rendono visibili. La riflessione regolare della luce si fa come quella del suono, vale a dire, l'angolo di riflessione è uguale all'angolo d'incidenza, ed i due angoli giacciono nel medesimo piano. La luce nel riflettersi regolarmente non fa che cangiare di direzione, essa conserva quindi le qualità che prima aveva, e ci dà l'immagine del corpo da cui emana, non di quello che la riflette. Nella riflessione irregolare la luce non cangia solo di direzione ma viene per un'azione particolare che su di essa esercitano le molecole dei corpi, modificata nelle sue qualità e rimandata

in tutte le direzioni: essa ci dà l'immagine dei corpi da cui è riflessa e prende colori diversi a seconda delle modificazioni che ha provato. La luce riflessa irregolarmente da un corpo è tanto maggiore quanto meno levigata è la superficie del corpo riflettente e reciprocamente. Negli specchi quasi tutta la luce è riflessa in modo regolare. Per mezzo della riflessione si possono far convergere nello stesso punto i raggi che partono da punti diversi, e reciprocamente si possono far divergere in sensi diversi i raggi che partono dallo stesso punto. Il luogo in cui i raggi convergono insieme chiamasi *foco:* i raggi giunti al foco continuano a muoversi nella loro direzione rettilinea e da convergenti che erano diventano divergenti.

Le radiazioni luminose dipingono nei corpi su cui giungono le immagini di quelli da cui sono partite. Le immagini dipinte sono visibili se i corpi riflettono regolarmente la luce, in caso contrario non sono visibili perchè la luce prima d'essere irregolarmente riflessa viene modificata dal corpo. Negli specchi piani l'immagine è simmetrica, della stessa grandezza dell'oggetto, e si vede al di là e dietro lo specchio alla stessa distanza che l'oggetto si trova al di qua, perchè la luce nell'andare dall'oggetto allo specchio percorre lo stesso spazio che per venire dallo specchio all' oggetto, e perchè i raggi riflessi sembrano prolungarsi nella direzione rettilinea dei raggi diretti per cui al loro vertice si vede l'immagine virtuale dell'oggetto. Allorchè un oggetto è posto fra due specchi piani paralleli, le due immagini che vi si formano producono altre due immagini; queste altre due e così di seguito. Cotali immagini sono collocate a distanze di più in più grandi e perdono successivamente di intensità, dimodochè le più lontane rimangono appena visibili.

Nelle superficie curve la luce si riflette secondo le stesse leggi che nelle piane; ma in questo caso la normale al punto d'incidenza che serve per determinare gli angoli di incidenza e di riflessione, è la perpendicolare al piano tangente a detto punto, e questa normale varia da un punto ad un altro, ed in una sfera per es. è il raggio della medesima. Negli spec-

chi concavi l'immagine varia di grandezza e di posizione secondo la sua distanza dallo specchio, perchè i raggi riflessi da punti diversi convergono finchè si incontrano e poi divergono. Quando l'oggetto si trova ad una distanza minore della distanza focale (punto in cui i raggi s'incontrano) l'immagine dell'oggetto è diritta, virtuale e più grande dell'oggetto stesso: quando la distanza è maggiore della focale l'immagine è reale, rovesciata e più piccola dell'oggetto. Le immagini, come i fochi, diconsi reali quando risultano dal reale concorso dei raggi luminosi in un punto. Negli specchi convessi l'immagine è sempre virtuale, più piccola dell'oggetto e diritta. Gli specchi piani non isformano le immagini dell'oggetto; gli sferici possono sformarle più o meno secondo le circostanze; ma gli specchi cilindrici, conici e di altre figure curve, talvolta, per le direzioni particolari in cui riflettono la luce, sformano talmente le immagini, che non vi ha più tra loro e l'oggetto apparenza di similitudine. Su questo principio sono fondati i giuochi di *anamorfosi*, per cui un disegno in apparenza bizzarro e nulla significante riflesso da uno specchio di forma adatta, dà luogo ad una immagine regolare rappresentante una cosa determinata e facilmente riconoscibile. Innumerevoli sono le applicazioni che si fecero degli specchi. Gli specchi curvi servono sia ad ingrandire le immagini, sia a dirigere convenientemente la luce e concentrarla nei siti ove si abbisogna di maggior intensità luminosa, sia a diffonderla a grandi distanze, impedendone la divergenza e rendendo i suoi raggi paralleli. Si trae pur partito dagli specchi in molti stromenti di fisica e di astronomia.

Un oggetto produce nell'etere in cui si muove un'immagine simile a se stesso, la quale si propaga nell'immensità dello spazio con la velocità propria della luce. Se le immagini eteree degli oggetti incontrano nel loro cammino una superficie riflettente cangiano direzione, e le onde eteree riflesse giunte al nostro occhio ci fanno vedere, come negli specchi, al di là della superficie riflettente le immagini degli oggetti. Questo è il fenomeno che presentano tutte le acque

ed anche l'aria in certi luoghi. Il cielo, le case, gli alberi si veggono dipinti al disotto dell'acqua e come rovesciati. Nelle regioni calde e soprattutto nell'Africa gli strati d'aria prossimi al suolo essendo molto più caldi degli altri riflettono la luce alla maniera dell'acqua, e danno luogo al fenomeno ottico conosciuto sotto il nome di *miraggio.* In certe circostanze la luce viene anche riflessa dagli strati superiori dell'aria e si vedono in alto dipinte le immagini (alberi, case, città) dei corpi terrestri. Questo fenomeno chiamasi *fata morgana* ed anche miraggio: esso si osserva sovente a Napoli, a Reggio e sulle coste marittime della Sicilia. Un principio di miraggio si osserva anche di estate nei nostri paesi, quando sotto gli ardenti raggi del sole gli oggetti lontani in una vasta campagna sembrano leggermente traballare.

I raggi luminosi nel passare obliquamente da un mezzo ad un altro deviano dal loro cammino rettilineo: in ciò consiste *la rifrazione della luce.* L'angolo che il raggio incidente fa colla normale alla superficie di separazione dei due mezzi dicesi angolo *d'incidenza*, l'angolo che il raggio rifratto fa col prolungamento della stessa normale dicesi *angolo di rifrazione.* L'angolo d'incidenza e quello di rifrazione sono nello stesso piano, ed il rapporto dei loro seni detto *indice di rifrazione* è costante per gli stessi mezzi. I raggi luminosi nel passare da un mezzo meno rifrangente in un altro più rifrangente, per es. dall'aria nell'acqua, si avvicinano alla normale e fanno un angolo di rifrazione minore dell'angolo di incidenza e reciprocamente quando passano da un mezzo più rifrangente in un altro meno rifrangente, si allontanano dalla normale e fanno un angolo di rifrazione maggiore di quello d'incidenza. Si comprende che nel secondo caso l'angolo del raggio rifratto non può essere maggiore del retto. L'angolo d'incidenza corrispondente all'angolo di rifrazione retto è detto *angolo limite* perchè ad esso corrisponde l'angolo di rifrazione più grande possibile. L'angolo limite varia per i diversi mezzi e dipende dall'indice di rifrazione. Si calcola cercando l'angolo di rifrazione il

cui seno è reciproco all'indice di rifrazione. Per l'acqua l'angolo limite è 48, 28′ cioè quando il raggio incidente fa dentro l'acqua un tale angolo colla normale alla superficie di separazione dell'acqua e dell'aria, l'angolo del raggio rifratto è retto; pel diamante l'angolo limite è di circa 21 gradi, per il vetro varia da 40, 20′ a 41, 49′ secondo le diverse qualità del vetro. Se il raggio fa un angolo maggiore dell'angolo limite, allora l'angolo di rifrazione dovendo essere maggiore dell'angolo retto, un tale raggio non può sortire dal primo mezzo, e si riflette entro il medesimo secondo le leggi generali della riflessione: è questo il fenomeno che dicesi della *riflessione totale*. In alcune circostanze particolari di calma, di forte riscaldamento, l'aria si divide in istrati paralleli presentanti una densità diversa, e la luce nel giungere dallo strato più denso che è più rifrangente al meno denso facendo un angolo maggiore dell'angolo limite, soffre la riflessione totale, e produce, come uno specchio, delle immagini per riflessione (*miraggio, fata morgana*).

La rifrazione della luce debbe dipendere dalla tendenza che hanno le onde luminose di propagarsi negli spazii che contengono un maggior numero di molecole. Il raggio lucido passando obliquamente da un mezzo meno rifrangente in un altro più rifrangente, si avvicina alla normale perchè si porta verso il mezzo che contiene più molecole, quando passa da un mezzo più rifrangente in un altro meno rifrangente, si allontana dalla normale perchè tende a restare nel mezzo che contiene più molecole, e vi rimane diffatti riflettendosi totalmente quando l'angolo d'incidenza è più grande dell'angolo limite. L'indice di rifrazione $n \left(= \frac{sen\ i}{sen\ r}\right.$ in cui i è l'angolo d'incidenza, ed r quello di rifrazione) debbe essere proporzionale al numero delle molecole m contenuto nell'unità di spazio, ed in ragione inversa del volume v delle stesse molecole: esso varia nei diversi corpi ed anche nello stesso corpo al variare della temperatura. I corpi i più rifrangenti ossia che fanno maggiormente deviare i raggi lu-

minosi dalla loro direzione sono il cromato di piombo, il diamante, il solfo fuso...

Secondo alcuni fisici la rifrazione dipenderebbe dalla differenza di velocità con cui la luce si propaga nei diversi mezzi, e sarebbe proporzionale a questa differenza. Nei mezzi più rifrangenti la velocità della luce è minore che in quelli meno rifrangenti. Indicando con v la velocità del raggio incidente e con v' quella del raggio rifratto si avrebbe $\frac{v}{v'}=\frac{sen i}{sen r}$.

I raggi luminosi attraversando un mezzo diafano terminato da faccie piane e parallele soffrono all'ingresso ed all'uscita del mezzo due rifrazioni reciproche l'una dell'altra ed emergono paralleli ai raggi incidenti, se le faccie piane non sono parallele, come è nel caso di un prisma, soffrono due rifrazioni nel medesimo senso, ed emergono facendo un angolo coi raggi paralleli al raggio incidente, il quale angolo misura la *deviazione* dei raggi luminosi ed è tanto maggiore quanto più grande è l'indice di rifrazione della sostanza che forma il prisma. Si comprende quindi il perchè un oggetto visto attraverso ad un prisma apparisce rimosso dalla sua posizione. Inoltre se la luce non è omogenea ossia composta di onde di eguale lunghezza si decompone perchè le onde più brevi si rifrangono di più di quelle più lunghe. La luce comune risulta da più onde di diversa lunghezza e nell'attraversare il prisma si decompone in raggi diversamente colorati che ricevuti sopra uno schermo producono un'immagine detta *spettro*. Quello che si ottiene colla luce solare (spettro solare) si compone di sette colori disposti nell'ordine seguente: *rosso, arancio, giallo, verde, azzurro, endaco, violaceo*. I raggi che producono questi colori diconsi semplici perchè fatti passare attraverso un prisma si rifrangono, ma non si scompongono in raggi di nuovi colori. Il raggio il più rifrangibile è il violaceo, il meno rifrangibile è il rosso, l'angolo che formano questi due raggi estremi chiamasi *angolo di dispersione* o semplicemente *dispersione*. La dispersione cresce col crescere dell'angolo del prisma, e della

distanza del diafragma, ed a parità di queste condizioni varia colla natura della sostanza che forma il prisma. Le sostanze che danno uno spettro più lungo diconsi più dispersive. La dispersione non è proporzionale alla rifrazione perchè una sostanza mentre devia un colore più di un'altra, può deviare meno di questa un altro colore. I colori dello spettro non sono recisamente separati l'uno dall'altro, ma si confondono nei loro confini, e passano insensibilmente dall'uno all'altro. Occupano inoltre porzioni ineguali nello spettro; le quali variano colla natura della sorgente luminosa. Gli spettri variano dunque tra loro al variare della sorgente luminosa. Tutti contengono i sette colori dello spettro solare od un numero minore. Riunendo, per mezzo di una lente od altrimenti, i sette colori dello spettro si ottiene la luce bianca. Le lenti sono corpi diafani a superficie non parallele, i quali hanno la proprietà di far convergere verso un punto, o di far divergere i raggi luminosi da cui sono traversate. Le lenti sono più grosse al centro che ai bordi, oppure più spesse ai bordi che al centro, le prime diconsi *convergenti* o di *convergenza*, le seconde *divergenti* o di *divergenza.*

La luce si decompone non solo nel passare attraverso i prismi ma ancora quando attraversa i corpi ridotti in istrati sottilissimi ed in tante altre circostanze. L'iride od arco baleno è un fenomeno prodotto dalla luce solare stata decomposta dalle goccie d'acqua che costituiscono la pioggia. Questo fenomeno si osserva non solo sulle nubi ma presso le grandi cascate d'acqua, e dappertutto dove piccole goccie di questo liquido vengono spruzzate in alto e riempiono un dato spazio, come nelle grandi fontane ed intorno alle ruote idrauliche rapidamente mosse dall'acqua. I colori dei corpi dipendono dalla proprietà che hanno le loro molecole di modificare e decomporre la luce e quindi di riflettere o trasmettere solo le onde produttrici il colore che manifestano.

Un raggio di luce nell'attraversare i cristalli che non spettano al tipo monometrico non solo si rifrange ma si divide in due e produce il fenomeno della *doppia rifrazione.* Dietro i cristalli birifrangenti i corpi appaiono doppi, invece di una

linea, per esempio se ne vedono due collocate ad una certa distanza. In certi cristalli birifrangenti (spato d'Islanda, cristallo di rocca) trovasi una direzione detta *asse di doppia rifrazione*, secondo la quale non succede la doppia rifrazione; in altri (mica, salnitro) se ne trovano due. Nasce quindi per rispetto alla luce la distinzione dei cristalli a semplice e di quelli a doppia rifrazione ad un solo o a due assi. Nei cristalli monoassi uno dei due raggi rifratti segue costantemente le leggi della rifrazione semplice ed è perciò detto *raggio ordinario*, mentre l'altro non segue tali leggi che in sole due direzioni, ed è perciò detto *raggio straordinario*. Nei cristalli a due assi nessuno dei due raggi rifratti segue costantemente le leggi della rifrazione semplice, salvo in due sezioni... La rifrazione doppia dipende da una particolare disposizione delle molecole e soprattutto dalle distanze diverse a cui sono collocate. I cristalli birifrangenti offrono diffatti nelle diverse sue parti un diverso grado di densità e quindi di coesione e di elasticità. Fresnel fece nascere la doppia rifrazione in un parallelepipedo di vetro sottoponendolo nelle varie sue parti a pressioni ineguali.

Dalla rifrazione della luce dipendono molti fenomeni. Il letto di un fiume, il fondo di un vaso pieno d'acqua si vedono più alti di quello che in realtà sono, perchè i raggi luminosi nel passare dall'acqua nell'aria si allontanano dalla normale e quindi si abbassano e ci fanno vedere più elevati gli oggetti da cui provengono. Per analoga ragione un bastone immerso obliquamente nell'acqua sembra piegato alla superficie di questa. Gli astri si veggono sopra l'orizzonte, quando in realtà sono di circa mezzo grado al disotto, per la rifrazione che subisce la luce nel passare dal vacuo nell'atmosfera terrestre...

La luce diretta nell'atto che si riflette o si rifrange non cangia solo di direzione ma anche di struttura ed acquista nuove proprietà che prima non aveva. La luce così modificata dicesi *polarizzata*. Ciascun'onda costituisce un piccolo piano, in cui si debbono distinguere due faccie, la superiore e l'inferiore; due lati il destro ed il sinistro; la base ossia

la parte rivolta verso la sorgente luminosa e l'apice. Nella luce diretta le onde luminose debbono muoversi in piani non paralleli; nella luce polarizzata in piani paralleli. Ciò posto la *polarizzazione della luce*, stata scoperta da Malus nel 1810, è l'atto in cui le onde luminose si dispongono in piani fra loro paralleli. Chiamasi *angolo di polarizzazione* di una sostanza, l'angolo che deve fare il raggio di luce naturale incidente colla superficie della medesima, perchè essa resti polarizzata. *Piano di polarizzazione* è il piano in cui si sono collocate le onde della luce polarizzata, e questo piano coincide col piano in cui esiste l'angolo di polarizzazione, ossia col piano in cui si trova il raggio incidente che resta polarizzato per riflessione o per rifrazione. L'angolo che deve fare un raggio incidente colla superficie riflettente acciò resti totalmente polarizzato, varia per le sostanze diverse. Per l'acqua quest'angolo è 37, 15'; per il vetro è di 35, 25; per il quarzo 32, 28... La luce naturale si polarizza traversando, sotto certe condizioni, una serie di lastre di vetro a faccie parallele, e in questo caso il suo piano di polarizzazione è perpendicolare al piano d'emergenza. I due raggi ordinario e straordinario che dà la luce naturale, allorchè traversa la sezione principale di un cristallo birifrangente, si trovano polarizzati, il primo nel piano d'emergenza, il secondo perpendicolarmente a questo piano.

La luce polarizzata si distingue dalla luce naturale soprattutto per le tre seguenti proprietà. Un raggio di luce polarizzata non viene più riflesso da una seconda superficie della stessa natura, se fa con questa un angolo eguale a quello di polarizzazione, e se il piano di polarizzazione è perpendicolare al piano d'incidenza su questa seconda superficie. Un raggio di luce polarizzata si estingue cadendo perpendicolarmente su di una lastra di tormalina, allorchè l'asse di questa è parallelo al piano di polarizzazione; si trasmette invece con un'intensità sempre crescente a misura che l'asse della tormalina si accosta ad essere perpendicolare al piano suddetto. Un raggio di luce polarizzata non dà che una sola immagine, passando attraverso un prisma birifrangente, al-

lorchè la sezione principale del prisma è perpendicolare oppure parallela al piano di polarizzazione, mentre dà due immagini più o meno intense in tutte le altre posizioni. Queste proprietà della luce polarizzata si dimostrano per mezzo di apparecchi detti *polarimetri*.

Vi sono dei corpi che hanno la proprietà di cangiare la direzione del piano di polarizzazione. Arago scoprì il primo questa proprietà nel quarzo; Biot, Pasteur, Marbach ed altri fisici la scoprirono in seguito in molti altri corpi. Si riconosce e misura questa proprietà ricevendo per mezzo di un particolare apparecchio detto *polarimetro*, il raggio polarizzato sopra una lastra di tormalina disposta in modo che lo estingua completamente. Allora si fa passare il raggio attraverso il corpo da sperimentarsi: se desso non fa variare il piano di polarizzazione, il raggio dopo averlo attraversato è ancora estinto dalla tormalina; se poi il corpo varia il piano di polarizzazione, il raggio non è più estinto dalla tormalina; si fa girare quest' ultima verso destra o verso sinistra finchè estingua di nuovo completamente il raggio. Il senso della rotazione del piano di polarizzazione viene indicato dalla direzione in cui si dovette far girare la lastra, il grado è misurato dal numero dei gradi che la si dovette far girare per ottenere la totale estinzione del raggio. Alcuni corpi (desterina, zucchero di canna...) fanno rotare il piano di polarizzazione a destra e diconsi *desterogiri*; altri (gomma arabica, essenza di terebentina...) lo fanno girare a sinistra e diconsi *levogiri*. Il grado di rotazione varia col variare della natura e della quantità del corpo. Il potere rotatorio dei corpi debbe dipendere da una dissimetria dei loro sistemi atomici o delle loro molecole fisiche, perchè vi esiste una relazione tra il potere rotatorio e l'emiedria che viene attribuita ad una dissimetria delle molecole. I corpi che non fanno rotare il piano di polarizzazione risultano da corpuscoli simmetrici, oppure contengono qnantità eguali di corpuscoli dissimetrici desterogiri e di corpuscoli dissimetrici levogiri. L'acido racemico non fa deviare il detto piano, ma desso fu sdoppiato da Pasteur in due acidi, levoracemico e desteroracemico, iso-

meri tra loro e coll'acido racemico i cui pesi si pareggiano: l'acido levoracemico produce dei cristalli emiedri a sinistra e fa rotare il piano di polarizzazione a sinistra, l'acido desteroracemico produce dei cristalli emiedri a destra e fa rotare di un eguale grado il detto piano a destra. Il potere rotatorio di questi due acidi si manifesta anche quando sono sciolti nell'acqua; se si uniscono insieme in quantità eguali rigenerano l'acido racemico. Le molecole di quest'acido contengono dunque un numero eguale di sistemi atomici destri ossia d'acido desteroracemico, e di sistemi atomici sinistri ossia d'acido levoracemico. Il potere rotatorio di questi due acidi dipende dunque da una dissimetria delle molecole chimiche. Marbach ottenne dei cristalli di clorato sodico emiedri a destra che fanno rotare il detto piano a destra, e dei cristalli emiedri a sinistra che lo fanno rotare di un eguale grado a sinistra. Sciogliendo i cristalli emiedri a destra nell'acqua, si ottiene un liquido inattivo, lo stesso avviene per i cristalli emiedri a sinistra. La soluzione dei cristalli della stessa specie depone, cristallizzando, dei cristalli emiedri a destra e di quelli emiedri a sinistra. Il potere rotatorio del clorato di soda dipende dunque da una dissimetria delle molecole fisiche, le quali nello sciogliersi nell'acqua producono delle molecole simmetriche. I sistemi atomici del clorato sodico sono dunque simmetrici. Il cromato, l'acetato di soda ed altri sali producono anche cristallizzando, come il clorato dei cristalli emiedri levogiri, e di quelli emiedri desterogiri, la cui soluzione acquosa è inattiva. Biot ha trovato in uno stesso cristallo di quarzo delle lamine che fanno rotare il piano di polarizzazione in un senso, e di quelle che lo fanno rotare in senso opposto. Le lamine dei cristalli di quarzo debbono quindi essere alternativamente formate di molecole destre e di molecole sinistre. Il potere rotatorio dipende dunque dalla dissimetria delle molecole chimiche o da quella delle molecole fisiche. Vi hanno dunque dei corpi desterogiri, dei corpi levogiri, dei corpi inattivi costituiti di molecole simmetriche, e dei corpi inattivi (otticamente neutri) formati di un numero eguale di molecole levogire e di mo-

lecole desterogire. La dissimetria delle molecole debbe consistere in una disuguaglianza dei due emisferi polari. Molto probabilmente nelle molecole simmetriche la perpendicolare intorno cui il loro asse gira, interseca l'asse nel centro e lo divide in due semiassi eguali, ed in quelle dissimetriche lo taglia fuori del centro cioè in un punto più vicino ad un polo e più lontano dall'altro, per cui le molecole riescirebbero levogire o desterogire a seconda del polo che trovasi più lungi dal punto di intersezione. Faraday ha riconosciuto che gli elettromagneti fanno rotare il piano di polarizzazione nel senso in cui circola la corrente, lo che debbe dipendere da un'azione che ha luogo tra la corrente elettrica e le onde luminose. Non sarebbe tuttavia impossibile che le molecole del corpo attraversato dalla luce polarizzata diventassero dissimetriche sotto l'influenza di un elettromagnete.

Le onde luminose si compongono, come le sonore, di un moto d'andata e di un moto di ritorno ossia di due mezze onde che si muovono in senso contrario. Allorchè due raggi lucidi si incontrano facendo un piccolissimo angolo fra loro, le onde luminose nel punto d'incontro si rinforzano e producono una luce più viva, se le loro velocità sono dirette nello stesso senso, e si estinguono producendo dell'oscurità se le loro velocità sono dirette in senso contrario. In ciò consiste *il principio delle interferenze.*

Vi sono dunque delle circostanze, come scoprì per il primo il padre Grimaldi, in cui la luce aggiunta a luce cagiona oscurità. Il principio delle interferenze venne dimostrato in un modo evidente da Fresnel facendo sì che si incontrassero fra di loro due raggi riflessi da due specchi piani uniti tra loro in modo da fare un angolo ottusissimo.

La luce rasentando la superficie dei corpi subisce delle modificazioni nella sua velocità e direzione, e produce, ricevuta sopra un diafragma, delle frangie colorate se è luce composta, oppure delle frangie alternativamente oscure e luminose se è luce semplice. Questo fenomeno prodotto dall'azione delle onde luminose riflesse e modificate dalla superficie dei corpi sopra la luce normale, chiamasi *difrazione.*

Guardando una fiamma attraverso una piccola apertura fatta con un ago o con un temperino in un foglio di carta, o meglio in una lastra di piombo, si vede la fiamma circondata da larghe frangie che hanno i colori dell'iride.

L'intensità della luce è in ragione diretta del grado di luminosità dei corpi ed in ragione inversa del quadrato della distanza dai medesimi. Il grado di luminosità dei corpi è in ragione del numero dei corpuscoli che vibrano e del grado di velocità con cui compiono le loro vibrazioni. Il grado d'intensità della luce è dunque proporzionale al numero delle ondulazioni luminose che si compiono nell'unità di tempo e di spazio, il quale crescendo col quadrato della distanza dal punto luminoso, si comprende il perchè l'intensità della luce debba diminuire in ragione diretta del quadrato della distanza. La luce diminuisce d'intensità nel traversare i corpi trasparenti, ma una tale diminuzione è diversa, secondo la natura e lo spessore dei corpi trasparenti. Allorchè l'atmosfera è carica di vapori acquei, ed allorchè la luce deve traversare gli strati più densi della medesima, la luce perde maggiormente della sua intensità. Ciò ci dà ragione del perchè quando il sole, la luna, le stelle, sono presso l'orizzonte, ci appariscono meno splendenti che alloraquando si trovano al disopra del medesimo. Infatti nel primo caso, la luce che parte da quegli astri deve traversare obliquamente la nostra atmosfera, e quindi transitare per una più grande massa d'aria non solo, ma anche più densa. Chiamasi *fotometria* quella parte dell'ottica che versa sulla determinazione dell'intensità relativa delle luci diverse; e si chiamano *fotometri* gli stromenti che si adoperano per una tale misura. Un fotometro molto semplice è quello di Rumford: esso è basato sulla qualità che ha la luce di produrre un'ombra tanto più cupa ed intensa, quanto più viva ed intensa è la luce. Per mezzo dei fotometri si è riconosciuto che una lampada alla Argand a doppia corrente d'aria, dà una luce 9 volte più intensa che quella di una candela ordinaria.

L'altezza della luce dipende essenzialmente, come quella del suono, dal numero delle vibrazioni luminose eseguite

dalle molecole in un dato tempo, e siccome, a parità di velocità, il numero delle vibrazioni è in ragione inversa della loro lunghezza, così l'altezza della luce dipende dalla lunghezza delle ondulazioni. Le sette note musicali sono nella luce rappresentate dai sette colori dello spettro. Le ondulazioni più lunghe producono la sensazione della luce rossa, le più brevi quelle della luce violacea, le intermedie ci danno, camminando dal rosso al violaceo per ordine, la luce aranciata, gialla, verde, azzurra... Quindi se vogliamo confrontare la scala dei colori con quella dei suoni musicali, troviamo che, mentre la prima si estende a varie ottave, la seconda non raggiunge che un'ottava. Se non che altri animali possono avere la vista limitata da altri numeri di ondulazioni, e vedere dove noi non vediamo, e trovare le tenebre dove noi abbiamo la luce. Durante un' intiera vibrazione di una molecola il moto dell' etere si propaga intorno per una distanza che è la lunghezza di un' onda. Quindi la durata di una vibrazione, la lunghezza dell'onda e la velocità di propagazione della luce sono tre elementi così collegati tra di loro, che uno si può sempre calcolare, quando si conoscano gli altri due, come relativamente al suono, essendo la lunghezza dell'onda eguale al quoziente, che nasce dalla divisione dello spazio percorso dalla luce, in un dato tempo, pel numero delle vibrazioni fatte nello stesso tempo. Malgrado che le lunghezze delle onde luminose sieno estremamente brevi (le più lunghe oltrepassando appena un mezzo millesimo di millimetro), tuttavia i fisici hanno trovato negli anelli delle lamine sottili di Newton, nelle frangie di interferenza di Yong, in quelle degli specchi di Fresnel... dei mezzi di fissare con una certa precisione i valori numerici delle lunghezze d' onda dei diversi raggi. Fresnel trovò che la lunghezza delle onde rosse era di 620 millionesimi di millimetro; delle aranciate 583; delle gialle 551; delle verdi 521; delle turchine 475; di color d'endaco 449; di color violetto 423.

Come i tre accordi perfetti (*fa, la, do; do, mi, sol; sol, si, re*) comprendono le sette note o suoni del gamma, così la luce bianca comprende i sette colori dello spettro. La luce

presenta, come il suono, qualità diverse a seconda della natura degli stromenti ossia delle molecole da cui è generata, di guisa da potersi dalle qualità della luce di una data sorgente giudicare della natura delle molecole che vibrando la producono. È da lungo tempo noto come la stronziana colori in rosso la fiamma, il boro in verde, il rame in turchino, l'arsenico e l'antimonio in bianco, la soda ed il ferro in giallo... Per esaminare in un modo più esatto le sorgenti luminose, si adopera uno stromento particolare chiamato *spettroscopio* o *spettrometro*, il quale serve a far vedere le righe degli spettri luminosi ed a misurarne le rispettive porzioni. L'origine di questo stromento rimonta a Fraunhofer che ne fece uso nel 1822 per analizzare diverse luci, e scoprì così nello spettro solare delle lacune nere chiamate in seguito le *righe* di Fraunhofer, e designate da lui stesso con le lettere dell'alfabeto. Tutte le luci vedute attraverso lo spettroscopio sono assai meglio decomposte che col semplice prisma di Newton. Le linee che si formano variano da una sostanza ad un'altra, ed anche per la stessa sostanza al variare delle condizioni. Se per es. si mette un poco di cloruro di sodio in una fiamma d'alcole, si vede nello spettroscopio una linea gialla brillante che caratterizza il sodio, e tutti gli altri colori mancano: se vi si mette della litina si ha una linea unica rossastra, se del tallio si ha una linea verde... Queste fiamme sono chiamate monocromatiche. Alcune sostanze danno delle linee multiple. La stronziana dà un magnifico gruppo rosso con una riga bleu di color vivo. Il rame produce del rosso, del verde e del violetto. Il magnesio dà luogo a tre magnifici gruppi, l'uno rosso, l'altro bleu ed il terzo verde... Si possono osservare direttamente questi spettri bruciando il metallo, come si pratica per la combustione del magnesio; ma il modo più bello e più comodo di esaminare queste luci si è di impiegare la scintilla elettrica, tirandola dai diversi metalli.

I vapori ed i gaz diversi attraversati dalla luce assorbono gli stessi raggi che emetterebbero se fossero allo stato luminoso. Si possono così produrre delle righe scure in uno

spettro continuo, se la luce si infiltra attraverso certe sostanze. Così il sodio che emette una luce gialla così caratteristica, se trovasi allo stato di vapore tra la sorgente luminosa ed il prisma assorbe gli stessi raggi e produce nello spettro una lacuna nera nello stesso luogo in cui vi era la gialla. Le molecole si comportano verso le onde luminose come le corde diversamente tese verso le ondulazioni sonore. Le corde assorbono le ondulazioni sonore simili alle vibrazioni che possono concepire e si mettono a suonare, le molecole assorbono anche le onde luminose simili alle vibrazioni che producono quando bruciano. Questo fatto osservato da Foucault sopra la luce elettrica, con la lampada a cloruro di sodio, diede luogo all'invertimento degli spettri, nei quali le linee lucide sono surrogate da linee scure. La causa delle righe lucide risiede dunque nella natura stessa dei corpi luminosi, mentre quella delle righe oscure nella natura dei corpi gassosi attraversati dalla luce. Esaminando per mezzo dello spettrometro le diverse luci, si giunge quindi a conoscere quale sia la natura dei corpi luminosi, ed anche quale sia la natura dei corpi stati attraversati dalla luce. Bunsen e Kirchhoff guidati dallo spettroscopio sono giunti a scoprire e separare due nuovi corpi semplici, il *cesio* ed il *rubidio*. Lamy trovò un nuovo metallo, il *tallio*, e Reich e Richter l'*indio*. Per mezzo dell'analisi spettroscopica si giunge a conoscere non solo la natura dei corpi terrestri, ma ancora quella dei corpi celesti. Così studiando le righe dello spettro solare, il quale è rovesciato giacchè le righe sono nere, e confrontandole con quelle dei varii corpi terrestri, si giudicò, che la luce, che ci viene dal sole, debbe attraversare una fotosfera, contenente sodio, ferro, cromo, nichelio, magnesio, idrogeno, manganese. . . incandescenti od in combustione. Il P. Secchi fece dei rigorosi e lunghi studi di spettrometria celeste ed ottenne magnifici risultati. Riconobbe che Venere, Marte, Giove e Saturno assorbono delle onde luminose analoghe a quelle che sono assorbite dall'atmosfera terrestre; che la luna non manifesta che le righe solari, ciò che conferma l'opinione già stabilita con altri mezzi che non

ha atmosfera sensibile. Riconobbe che gli spettri di alcune stelle presentavano le righe proprie del ferro, del magnesio, del sodio, del tallio...; che gli spettri delle nebulose risolubili erano simili a quelli delle stelle, mentre gli spettri delle nebulose non risolubili erano assai diversi e non contenevano che raggi di una sola specie o di un piccolo numero di specie, ed una tale differenza lo ha indotto a conchiudere che le stelle sono dei soli già formati, e le nebulose non risolubili sono una materia gassosa, che si dispone probabilmente a formare degli altri soli, ma che non ha ancora alcuna porzione notevole di massa allo stato liquido o solido. La spettrometria e sovrattutto quella celeste ci dimostra in un modo evidente che le onde eteree di un luogo provengono dagli esseri che vibrano e rotano in altri luoghi.

Come in acustica i suoni armonici simultanei di un corpo sonoro comprendono oltre il suono principale, la terza, la quarta e l'ottava, così i gruppi di linee spettrali a cui diverse sostanze danno luogo, sono sempre formate d'onde tali che l'una è in rapporto moltiplo assai semplice con l'altra, doppio triplo.... (Heinrich). Lecoq studiò in questi ultimi tempi le righe spettrali proprie dell'azoto, dei cloruri di stronzio, di calcio, di bario, di potassio, e trovò che presentavano tra loro dei rapporti armonici.

Le armonie osservate nello spettro dell'azoto per es. sono tra loro come l'ottava della quinta e la doppia ottava della fondamentale. Gli spettri dei tre cloruri di bario, di stronzio e di calcio, offrono delle armonie analoghe. Lo spettro del cloruro di bario è più vicino al violetto che gli spettri di cloruro di stronzio, e di cloruro di calcio contrariamente alla legge, la quale esige che gli spettri dei metalli analoghi camminino verso il rosso a misura che la molecola aumenta di peso. L'eccezione in discorso è, secondo Lecoq, dovuta a che la molecola di cloruro di bario possiede per rapporto al suo movimento di rivoluzione, una rotazione di senso contrario a quella delle molecole degli altri due cloruri.

Come per mezzo della tensione si rendono le corde capaci di vibrare sonoramente, si variano i suoni col variare il grado

di tensione, così per mezzo della pressione, le molecole possono concepire delle vibrazioni luminose che altrimenti non avrebbero concepite. Le fiamme del sodio e del litio che sono ordinariamente monocromatiche, contengono tutti i raggi o se si vuole tutte le righe brillanti di qualunque rifrangibilità se i metalli bruciano nell'ossigeno o nell'aria sottoposti ad una certa pressione.

La luce, a parità d'intensità e di tono ossia d'altezza, può differire in quanto alla tempera, la quale debbe dipendere dalla natura particolare delle molecole che la producono, e quindi dalla forma delle ondulazioni luminose.

La forza (differenziale elastica) che produce le ondulazioni luminose può cangiare modo d'agire e produrre altri movimenti cioè vibrazioni calorifiche, elettriche... oppure far nascere nelle molecole dei nuovi movimenti eccitandole così a trasformarsi in altre molecole. Se si fanno convergere in un punto i raggi luminosi per mezzo di uno specchio concavo o di una lente, si ottiene una forte elevazione di temperatura. Si giunge in questo modo ad accendere la polvere e l'esca ed anche a fondere dei corpi refrattari. Facendo cadere i raggi del sole sopra una pila termoelettrica, nasce tosto una corrente. La luce eccita l'idrogeno a combinarsi con il cloro, l'ossigeno ad unirsi al protossido di piombo e ad altri corpi sì inorganici che organici e segnatamente alle materie coloranti: col tempo determina un cangiamento nello stato molecolare del vetro. Il cloruro d'argento, corpo di colore bianco, sotto l'influenza della luce perde del cloro e si cangia in sottocloruro di colore violaceo o nero a seconda della quantità di cloro che si è svolto. Lo stesso dicasi del ioduro e del bromuro d'argento. Sull'azione chimica della luce e sulla proprietà che hanno le lenti di formare in un certo punto l'immagine degli oggetti che le sono innanzi è fondata la *fotografia* ossia l'arte di fissare sopra le sostanze impressionabili le immagini degli oggetti. Chiamasi *dagherotipo*, dal nome dell'inventore Daguerre, l'apparato che si impiega per tale scopo, il quale consiste essenzialmente in una camera oscura nella quale la luce penetra, passando per

una o due lenti di convergenza, e va a dipingere sopra un foglio di carta spalmato di ioduro d'argento, l'immagine degli oggetti posti innanzi alla lente. Le immagini degli oggetti ottenute in questo modo sono semplicemente chiare-oscure. Becquerel giunse non ha guari a riprodurre i colori per l'azione stessa della luce. Il corpo per mezzo del quale ha ottenuto colorazioni diverse, si è il sottocloruro d'argento, preparato immergendo delle lastre d'argento o di rame argentato, in una soluzione di bicloruro di rame e di cloruro di sodio: la lastra assume un colore violetto dovuto alla presenza di un leggiero strato di cloruro d'argento impressionabile al colore dello spettro di cui riproduce i principali colori. La lastra impressionabile si può anche preparare facendo giungere a poco a poco per mezzo di una corrente elettrica del cloro allo stato nascente sopra dell'argento ridotto in lamine. Il sottocloruro di argento si modifica e si colora sotto l'azione dei raggi luminosi in un modo diverso a seconda del loro colore. La scoperta di una sostanza finquì unica nel suo genere che ha la facoltà di riprodurre la colorazione dei raggi luminosi e che permette di *pingere colla luce*, presenta al punto di vista scientifico un immenso interesse. Becquerel spiega la proprietà del sottocloruro di argento di funzionare come una vera *retina minerale*, ammettendo che dopo essere stato impressionato dalle ondulazioni luminose di una certa lunghezza, ha acquistato la virtù di vibrare più facilmente sotto l'azione delle ondulazioni della medesima lunghezza. Ne risulterebbe che, alloraquando un fascetto di luce verrà a colpire un'immagine prodotta dall'azione dei raggi di diversi colori, ciascuna parte dell'immagine vibrerà di preferenza sotto l'influenza dei raggi della stessa lunghezza d'onda di quelli che hanno agito per produrla; ed allora i raggi riflessi dai diversi punti di questa immagine, sarebbero identici a quelli da cui fu generata. Sarebbe questo un fenomeno analogo a quello che ha luogo quando una riunione di suoni colpiscono una corda tesa: è noto che non vi ha che i suoni della stessa altezza di quelli che renderebbe la corda, che mettono questa in vibrazione.

La natura delle sorgenti luminose, ha indipendentemente dalla loro intensità, un'influenza considerevole sopra gli effetti chimici che producono i loro raggi. Mentrechè la luce proveniente dalla combustione di materie carbonose agisce fortemente sopra le sostanze organiche, essa è senza azione sopra i sali metallici che esigono, per essere impressionati, dei raggi molto rifrangibili e per conseguenza provenienti dall'irradiazione di materie solide, come dalla combustione del magnesio e dall'arco voltaico. Dall'insieme dei fatti osservati da molti dotti e segnatamente da Herschel, risulta che i raggi meno rifrangibili sono i più efficaci per produrre l'ossidazione dei colori vegetabili, mentrechè per agire sui composti metallici i più efficaci sono i più rifrangibili. Giova notare che lo stesso corpo sente più o meno l'azione della luce a seconda del modo con cui fu preparato: così il ioduro d'argento ottenuto per doppia decomposizione non è sensibile all'azione della luce, mentre quello ottenuto per la diretta combinazione del iodo sopra lamine d'argento è più sensibile del cloruro e del bromuro. Certi raggi luminosi incapaci di incominciare una decomposizione possono continuarla quando sia eccitata da altri: i primi raggi furono chiamati da Becquerel *continuatori* ed i secondi *eccitatori*. I raggi rossi ed aranci possono continuare la scomposizione del cloruro d'argento stata incominciata dai violetti.

Le *radiazioni calorifiche* sono in media più grandi di quelle luminose, e constano, come queste, di ondulazioni e di forme vive eteree che scorrono di luogo in luogo. Mentre le radiazioni luminose sono prodotte dal moto rotatorio, vibratorio ed emissivo delle molecole chimiche, quelle calorifiche sono generate dal moto rotatorio, vibratorio ed emissivo delle molecole fisiche. Tutte le molecole fisiche sono sorgenti di radiazioni calorifiche perchè tutte vibrano e rotano intorno se stesse, ed emettono delle quantità infinitamente piccole d'etere. Quelle animate di maggior velocità ossia più calde, come per es. le molecole del sole, dei corpi in istato di combustione emettono più radiazioni calorifiche delle altre. Le velocità tendono ad accordarsi ed equilibrarsi tra di loro. Ciò

posto le molecole più calde perdono e le altre guadagnano in velocità finchè siasi stabilito l'accordo e l'equilibrio. Quando le molecole sono egualmente calde ossia hanno la stessa temperatura il guadagno è uguale alla perdita. In ciò consiste l'*ipotesi dell'equilibrio mobile di temperatura.*

Le radiazioni calorifiche generate da una o più molecole nell'atto che giungono ad altre molecole, possono essere totalmente o parzialmente assorbite, riflesse o trasmesse. Le radiazioni calorifiche assorbite dalle molecole si propagano più o meno lentamente alle molecole attigue e costituiscono il così detto *calorico condotto* o di *conducibilità.* Le radiazioni calorifiche che vengono riflesse o trasmesse, e che si propagano attraverso il vuoto e attraverso certe sostanze con una velocità grandissima pari a quella della luce costituiscono il *calorico* detto *raggiante.* Chiamansi *diatermici* o *diatermani* i corpi che lasciano passare il calorico raggiante; *atermici* od *atermani* quelli che lo arrestano, come i corpi opachi la luce. Le parole *raggio calorifico* e *fascio calorifico* hanno lo stesso significato riguardo al calorico, che hanno le parole *raggio* e *fascio* riguardo alla luce. In alcuni casi il calorico raggiante è accompagnato dalla luce e dicesi *luminoso,* in altri è separato dalla luce e dicesi *oscuro.* È luminoso il calorico che proviene dal sole, da un corpo incandescente, è oscuro quello che irraggia da un corpo caldo, ma non incandescente.

Gli stromenti adoperati per istudiare e misurare il calorico raggiante chiamati da Melloni *termattinometri* sono più sensibili dei termometri ordinarii. Il più sensibile di tutti i termattinometri si è il *termomoltiplicatore di Nobili* che consiste in una serie di tanti piccoli prismi di bismuto e d'antimonio uniti alternativamente fra di loro. Il primo di questi prismi che è di bismuto e l'ultimo che è di antimonio sono uniti a due lunghi fili che si fanno comunicare con un galvanometro moltiplicatore. Esponendo la pila termo-elettrica ossia le saldature bismuto-antimonio poste dalla stessa parte all'irraggiamento calorifico, nasce tosto una corrente elettrica, la quale fa deviare l'ago magnetico del galvanometro,

e dal grado di deviazione si giudica del grado della radiazione calorifica. Per lo stesso effetto è anche frequentemente impiegato il *termometro differenziale di Leslie* che consiste in due bolle sferiche di vetro unite all' estremità di due tubi verticali parimenti di vetro e tra di loro comunicanti mediante un tubo orizzontale, con cui formano un tubo che somiglia alla lettera U terminata da due bolle. Il tubo orizzontale è pieno di un liquido colorato che si innalza fino ad un quarto circa della lunghezza dei due tubi laterali. Le due restanti capacità dello stromento sono piene d'aria. Allorchè la temperatura di queste due masse d'aria è la stessa, il liquido starà alla medesima altezza nell' uno e nell' altro tubo. Esponendo alla radiazione calorifica una delle bolle, il liquido, stante la dilatazione dell'aria, si innalzerà dall'altra parte tanto più, quanto maggiore è l'intensità del calorico...

Le radiazioni calorifiche si diffondono in tutti i sensi e si propagano in linea retta con una velocità che debbe essere eguale a quella della luce, perchè i raggi luminosi del sole ed i suoi raggi calorifici ci arrivano contemporaneamente. Il Melloni ricevendo su di una pila termo-elettrica il calorico che partiva da una fornace di vetro fuso ed incandescente, trovò che la trasmissione del medesimo, per una distanza di 116 metri, era istantanea. Se sulla retta che unisce un termattinometro ad un corpo caldo, si colloca un diaframma atermico, la temperatura dello stromento si abbassa immediatamente, locchè prova che il calorico raggiante si muove in linea retta.

Nelle radiazioni calorifiche si debbe, come nelle luminose, distinguere l' intensità, l' altezza ed il timbro. Per *intensità* del calorico raggiante si intende la quantità assoluta di esso sparsa nell'unità di spazio, la quale è proporzionale all'ampiezza ed al numero delle ondulazioni calorifiche. L'intensità del calorico raggiante obbedisce alle stesse leggi che quella della luce: essa varia in ragione diretta della velocità e del numero delle vibrazioni che compie la sorgente calorifica nell'unità di tempo, e in ragione inversa del quadrato della

distanza dalla sorgente. Se alla distanza uno l' intensità è uno, alla distanza due è $^1/_4$ alla distanza tre $^1/_9$...

L'altezza del calorico raggiante dipende dalla lunghezza delle radiazioni: il calorico raggiante è tanto più acuto quanto più brevi sono le radiazioni e reciprocamente. Il timbro o tono del calorico raggiante debbe dipendere dalla forma delle onde calorifiche. Le qualità del calorico raggiante variano più o meno a seconda della natura della sorgente. Un meccanico inglese che, abituato a sopportare l'alta temperatura presso alle macchine a vapore delle navi, non poteva reggere al calore assai più moderato del sole, rispondeva al padre Secchi, che di ciò si meravigliava: *it is a quite different heat* « è un calore affatto diverso ».

Il calorico raggiante ordinario non è omogeneo, ma si compone, come la luce, di onde di diversa lunghezza e quindi diversamente rifrangibili. Facendo passare un fascio di raggi solari, entrati in una camera, attraverso un prisma, e ricevendo lo spettro su di uno schermo, le radiazioni calorifiche più brevi e quindi più refrangibili si dispongono nello spettro, insieme a quelle luminose, le meno refrangibili escono dallo spettro dalla parte della luce rossa. Si può misurare successivamente e separatamente l' effetto termico di tutti i raggi variamente rifratti adoperando uno schermo munito di una sottile fessura orizzontale, per la quale, alzando od abbassando convenientemente lo schermo, si possano lasciar passare i raggi che si vogliono e ricevere sopra una sottile pila termo-elettrica unita ad un galvanometro. Trasportando la pila successivamente per tutta l' estensione dello spettro luminoso ed al di là del rosso si conoscerà che, se il prisma è di sal gemma, l'intensità dei raggi calorifici va crescendo dal violaceo al rosso, e continua ancora a crescere per un certo tratto al di là del rosso, e poi diminuisce. I raggi calorifici rifratti dal prisma si disperdono dunque più dei luminosi, essendochè si estendono al di là del rosso per una lunghezza quasi eguale a quella dello spettro luminoso. Cangiando la materia del prisma ovvero la natura della sorgente calorifica, cambia l'intensità calorifica nelle varie parti dello spettro sì lumi-

noso che oscuro, ma non cessa di aver luogo la dispersione del calore. Guglielmo Herschel fu il primo a scoprire la dispersione del calore; Melloni fu il primo a studiarne le variazioni col suo apparecchio e col corredo dei nuovi principii da lui scoperti.

Il potere diatermico ossia la proprietà che hanno alcuni corpi di trasmettere le radiazioni calorifiche varia secondo la natura dei corpi e secondo la diversità della sorgente calorifica. Melloni, per studiare la diatermicità, procedeva nel modo seguente. Dopo di essersi assicurato che le deviazioni dell'ago del suo galvanometro fino a 30 gradi erano proporzionali all'energia della corrente termica, collocava la sorgente calorifica a tale distanza dal termo-moltiplicatore che l'ago segnasse una deviazione di 30 gradi. Intercettando poscia i raggi calorifici con lastre più o meno sottili di diverse sostanze, leggeva sull'apparecchio termoscopico la quantità dei raggi calorifici che venivano trasmessi da simili lastre. Egli faceva uso di varie sorgenti calorifiche, quali sono la lampada di Locatelli, una spirale di platino arroventata colla combustione dell'alcole, una lastra di rame annerita alla temperatura di 400 gradi, un cubo pieno d'acqua bollente e simili. Operando in tale maniera ha riconosciuto, prendendo per sorgente calorifica la lampada di Locatelli, e facendo passare i suoi raggi attraverso a lastre di diverse materie della grossezza comune di 2^{mm}, 6, che sopra cento raggi incidenti una lastra di salgemma ne trasmetteva 92, una di calce fluata 78, una di spato d'Islanda e di vetro 39, di cristallo di rocca 38, di tormalina di colore verde carico 18, di vetro nero opaco 16, di calce solfata 14, di alume 9, e che il potere diatermico, tranne per il sal gemma, variava col variarsi delle sorgenti calorifiche. Così per es. una lastra di cristallo di rocca di un millimetro di grossezza che su 100 raggi della lampada di Locatelli ne lascia passare 77, ne trasmette solo 65 di quelli che provengono dal platino incandescente e 11 di quelli del rame a 400 gradi. Una lamina d'acqua che su 100 raggi della lampada di Locatelli ne la-

scia passare 19 ne trasmette appena 6 di quelli che provengono dal platino incandescente.

I corpi diatermani, eccettuato il sal gemma, il quale trasmette tutte le specie di radiazioni calorifiche, si comportano rispetto al calorico raggiante come i corpi diafani colorati rispetto alla luce, lasciano cioè passare solo alcune specie di radiazioni, ed intercettano le altre, dimodochè il calorico raggiante dopo aver attraversato un corpo diatermico non ha più le qualità che prima aveva. Così tenendo sempre per sorgente calorifica la lampada di Locatelli si trova che, su cento dei suoi raggi, che hanno attraversato una lastra di alume, il sal gemma ne trasmette 92, lo spato d'Islanda ed il cristallo di rocca 91, la calce fluata, il vetro e l'alume 90, la calce solfata 59, la tormalina verde 18... Variando la sostanza attraverso la quale si fanno prima passare i raggi calorifici, varia anche grandemente la proporzione della quantità di raggi trasmessi da queste medesime sostanze. Il solo sal gemma sarebbe dunque diatermico per tutte le specie di raggi; gli altri corpi sarebbero tali solo per certe specie di raggi e non per le altre; perchè il calorico raggiante dopo averli attraversati non consta più di raggi di tutte le qualità, di cui prima constava; ma ha ricevuto una modificazione particolare od una specie di colorazione, come la luce che passa attraverso a vetri colorati. Per tale motivo *termocroici* o *coloritori del calore* (come significa la parola) sono detti i corpi diatermici, che producono una tale modificazione; *atermocroici* quelli, che non la producono. Il solo sal gemma sarebbe atermocroico. Tyndall però avrebbe non ha guari riconosciuto che anche il sal gemma partecipa sino ad un certo grado al difetto di tutte le altre sostanze, vale a dire non è perfettamente diatermico, è più opaco ai raggi di una spirale metallica al rosso-scuro che per quelli di una spirale al rosso-bianco. *Termocrosi* è il ramo della fisica, che tratta di questa proprietà dei raggi calorifici.

Se sulla via di un fascio di raggi calorifici si mettono due o più lastre, che intercettino tutte le onde di diverse specie, si può anche arrestare tutto il calore raggiante, sebbene se-

paratamente ciascuna lastra non ne intercetti che una porzione talvolta piccola. Così facendo passare un fascio di raggi solari attraverso a due lastre, una di vetro verde e l'altra d'alume, si intercettano quasi totalmente le radiazioni calorifiche, mentre di ben poco si diminuisce l'intensità luminosa. Inversamente con una lastra di vetro nero o di sal gemma affumicato si può intercettare quasi totalmente la luce dei raggi solari, senzachè grandemente diminuisca l'intensità calorifica.

La facoltà che hanno i corpi diatermici di trasmettere alcune specie di raggi calorifici e di intercettare le altre è provvidenziale nell'economia della natura ed ha ricevuto delle utili applicazioni. L'atmosfera terrestre è diatermica ai raggi calorifici del sole, e non lascia passare, allorchè contiene una sufficiente quantità di vapore acqueo, il calore che irraggia la terra (Tyndall). Il vapore acqueo dell'aria, oltre agli altri suoi uffizi, avrebbe anche quello di opporsi al raffreddamento della terra coll'intercettare i raggi calorifici da essa emanati. Una tale qualità del vapore acqueo spiega il perchè le gelate in primavera ed i freddi intensi d'inverno hanno luogo quando l'aria è secca e non può quindi impedire che i raggi calorifici della terra si diffondano negli spazi planetari. L'uso di certe campane di vetro con cui i giardinieri cuoprono d'inverno le piccole piante è basato sulla proprietà che ha questo corpo di lasciar passare più di un terzo del calorico luminoso del sole, e di impedire tal passaggio al calorico oscuro che irraggia dalla pianta e dal suolo che cuopre.

Il calorico raggiante nel passare obliquamente da un mezzo in un altro si rifrange, ed obbedisce nel rifrangersi alle stesse leggi della luce, dimodochè si può dire della rifrazione del calorico ciò che si è detto della rifrazione della luce. Melloni ha dimostrato la rifrazione del calorico per mezzo del suo apparato, facendolo passare attraverso un prisma di sostanza diatermica. La rifrazione del calorico si dimostra anche colle lenti ordinarie, nel foco delle quali si può concentrare il calore solare, e quello delle altre sorgenti calorifiche luminose. Anche le radiazioni calorifiche oscure possono con-

centrarsi colla lente, ma in questo caso si preferiscono le lenti di sal gemma, specialmente se la temperatura della sorgente è piuttosto bassa, per una ragione facile ad intendersi. Il calorico raggiante presenta anche il fenomeno della *riflessione totale*, sulla seconda faccia del prisma di sal gemma, allorchè cade sulla medesima formando un angolo maggiore dell'angolo limite.

Il calorico, passando attraverso un corpo diatermano a superficie non parallele, non solo si rifrange, ma si disperde anche nel modo stesso che si disperde la luce, e se il corpo ha una forma prismatica, si ottiene lo *spettro calorifico* composto di radiazioni di diversa lunghezza. Lo spettro calorifico varia, come il luminoso, al variare della sostanza che forma il prisma. Se il prisma è di sal gemma, come avanti si è dimostrato, il massimo di temperatura è al di là del rosso, se è di acqua corrisponde al giallo, se è d'alcole al giallo ranciato, se è di crovonglass al rosso medio. Melloni stabilì, che detto massimo si allontana tanto più dal giallo verso il rosso, quanto più diatermica è la sostanza del prisma. Si ottiene lo spettro calorifico da tutte le sorgenti siano luminose, siano oscure. Risulta quindi che il calorico raggiante si disperde nello stesso modo della luce, e come questa si compone di radiazioni diversamente rifrangibili.

Il calorico raggiante, nell'attraversare un prisma di spato d'Islanda o altri corpi birinfrangenti, dà luogo alla doppia rifrazione, e i due raggi emergenti che ne risultano sieguono esattamente le leggi dei raggi, ordinario e straordinario della luce, locchè si può dimostrare per mezzo dell'apparato di Melloni.

Il calorico raggiante incidente su di un corpo diatermico dividesi in tre parti: una parte viene trasmessa, una parte viene assorbita dallo stesso corpo, ed una parte riflessa; se il corpo è atermano si divide solo in due parti; calorico riflesso e calorico assorbito. I corpi atermici riflettono in generale una maggiore quantità di calorico raggiante di quelli diatermici. Una parte del calorico raggiante che non è nè assorbito nè trasmesso viene riflesso *irregolarmente* ossia viene

diffuso, un' altra porzione si riflette *regolarmente* seguendo esattamente le due leggi della riflessione regolare della luce. La diffusione del calorico è un fenomeno analogo alla diffusione della luce, e dipende come questa da una modificazione particolare che le molecole dei corpi fanno subire alle radiazioni calorifiche nell'atto che le riflettono. Melloni dimostrò che la riflessione irregolare è tanto più abbondante quanto meno levigata è la superficie riflettente, e che quindi abbondantemente diffondono il calorico incidente le superficie appannate e scabre, come le lamine di legno, di vetro smerigliato, e di metallo non brunito o ruvido, locchè dipenderebbe non solo dalle scabrosità in sè considerate, ma anche dalla cambiata densità delle molecole che costituiscono lo strato superficiale del corpo. Il potere diffusivo di un corpo varia non solo secondo lo stato della sua superficie, ma anche secondo la diversità della sorgente calorifica. Infatti i corpi bianchi, e più di questi i metalli appannati, hanno un potere diffusivo molto più grande per i raggi calorifici che partono da un corpo incandescente.

Quasi tutti i corpi riflettono regolarmente una porzione più o meno grande di calorico raggiante. Il potere riflettente relativo delle diverse sostanze viene determinato dall'intensità del calorico riflesso regolarmente; e tale intensità siegue leggi identiche a quelle cui obbedisce l'intensità della luce riflessa. Essa è tanto maggiore quanto più levigata è la superficie riflettente: per una data superficie riflettente, la quantità di calorico raggiante riflesso regolarmente è tanto più grande, quanto più inclinato verso la superficie stessa è il raggio calorifico incidente; ed a parità d'angolo d'incidenza varia colla natura del corpo riflettente. Leslie ha trovato e Melloni ha confermato che prendendo per 100 il potere riflettente dell'ottone, quello dell'argento è 90; dello stagno 80; dell'acciaio 70; del piombo 60; del vetro pulito 10; del vetro unto 5; del nero fumo zero, e che tra tutti i metalli il mercurio è quello che ha un potere riflettente maggiore.

I raggi calorifici possono, per mezzo degli specchi curvi

oppure delle lenti, essere concentrati o dispersi alla maniera dei raggi luminosi. Gli specchi concavi, adoperati onde concentrare nel loro foco principale i raggi calorifici, per produrre la combustione o la fusione dei corpi, sono chiamati *ustorii.* Con tali specchi Bernieres, Villette e Tchirnhausen poterono fondere diversi metalli. È chiaro che ad un solo specchio concavo si possano sostituire più specchi piani, tra di loro inclinati in modo, che i raggi calorifici del sole che cadono su di essi vadano, dopo la riflessione, a concentrarsi in un piccolo spazio. Così Buffon con 128 specchi piani convenientemente disposti, potè bruciare una tavola d'abete incatramata, collocata alla distanza di 49 metri, e con 224 di tali specchi fece fondere un piatto d'argento alla distanza di 13 metri. Dietro le testimonianze di Dione e di Diodoro, venne da molti asserito che Archimede bruciò la flotta romana all'assedio di Siracusa, col calore solare concentrato o per mezzo di grandi specchi concavi, o più probabilmente per via di specchi piani, come in quelle sperienze di Buffon. Si può per altro dubitare con fondamento della verità del fatto, in quanto che Polibio, contemporaneo di Archimede, che scrisse la storia di quell'assedio, e che ne tramandò la memoria delle invenzioni di quel celebre matematico, nulla disse di quanto asseriscono Dione e Diodoro.

Tutti i corpi esposti ad una radiazione calorifica ne assorbono una quantità più o meno grande, e si riscaldano. Così all'azione dei raggi solari possono prendere, tutti indistintamente, una temperatura superiore a quella dell'aria circostante, ciò che dimostra che non è l'aria che li riscalda. Una tale proprietà dei corpi chiamasi *potere assorbente.*

Il potere assorbente di un corpo è in generale tanto maggiore, quanto minore è il suo potere riflettente, e viceversa. Fatta astrazione del calore diffuso e di quello che viene trasmesso, egli è chiaro, che tutto il calore raggiante, che raggiunge un corpo, o viene riflesso o viene assorbito. In questo senso suolsi dire che il potere riflettente ed il potere assorbente di un corpo sono fra di loro in ragione inversa, e quindi complementari l'uno dell'altro. Leslie dimostrò che il

potere assorbente per il calorico è diverso per le diverse sostanze. A tal fine collocava una sorgente calorifica costante, ad una certa distanza, sull'asse di uno specchio concavo, e situava nel foco principale del medesimo la bolla attiva del suo termometro differenziale, coperto della sostanza di cui voleva riconoscere il potere assorbente. È chiaro che quanto maggiore è il potere assorbente della sostanza che copre la bolla suddetta, tanto maggiore sarà la temperatura indicata dall'istromento. Trovò che il potere assorbente del nero di fumo è 100; quello del carbonato di piombo 53; della creta 56, 6; della colla di pesce 52; dell'inchiostro della china 96; della cera lacca 43; delle superficie metalliche 14, quando la sorgente calorifica è la lampada di Locatelli. Impiegando un'altra sorgente calorifica il potere assorbente dei corpi, tranne quello del nero fumo, varia. Così se la sorgente calorifica è il rame scaldato a 100 il potere assorbente del carbonato di piombo è 100; quello della creta 96; della colla di pesce 91; dell'inchiostro della china 85; delle superficie metalliche 15... Il potere assorbente varia dunque non solo da un corpo ad un altro, ma anche nel medesimo corpo secondo la natura diversa della sorgente calorifica. La carta, la neve, la biacca e molte altre sostanze bianche assorbiscono più facilmente i raggi calorifici provenienti da sorgenti oscure che non quelli che derivano da sorgenti luminose. I metalli al contrario assorbono sempre quasi nella stessa proporzione i raggi calorifici qualunque sia la loro origine. La facilità maggiore o minore con cui un corpo esposto al calorico raggiante si riscalda dipende dal suo relativo potere assorbente. Si spiega dietro ciò come un liquido si scaldi meno presto allorchè le pareti del vaso che lo contiene sono lucenti e metalliche, più presto quando le medesime sono affumicate, essendochè il potere assorbente del vaso diventa eguale a quello del corpo da cui è coperto, purchè la grossezza dello strato superficiale non sia troppo sottile. Si spiega pure il perchè si facilita la liquefazione della neve spandendovi sopra delle sostanze, come per es., della terra, dotate di un potere assorbente maggiore di quello della neve. La neve che si trova

in vicinanza delle mentovate sostanze si liquefa tanto più prontamente quanto maggiore è il loro potere assorbente.

Chiamasi *potere emissivo* la proprietà che hanno i corpi di irraggiare una quantità di calorico più o meno grande. Il confronto dei poteri emissivi di due corpi differenti si fa comodamente, ma non sempre esattamente col termometro differenziale. Per tale effetto prendasi un vaso della forma di un cubo, riempiasi d'acqua calda a temperatura determinata. Le pareti laterali del vaso, fatte o ricoperte di materie differenti, emetteranno esternamente più o meno calore secondo il loro potere emissivo. Di fronte ad una faccia laterale del vaso si colloca a distanza determinata uno specchio concavo riflettente, il quale riceve il calore emesso normalmente dalla faccia, e lo rimanda indietro, facendolo concentrare sopra una bolla del termometro coperta di nero fumo, mentre l'altra bolla è mantenuta alla temperatura dell'aria ambiente. Dopo qualche tempo la differenza di temperatura delle due bolle si farà costante. Questa differenza indica il potere raggiante od emissivo di quella faccia. Ripetendo la stessa esperienza per varie faccie o sostanze, si determina il loro relativo potere emissivo. Molto più esatte e meno soggette a contestazione sono le misure del potere emissivo fatte col termomoltiplicatore. Si è così trovato che il potere assorbente del nero fumo è 100; quello del carbonato di piombo 100; della carta da scrivere 98; del vetro ordinario 90; della gomma lacca 72; del ferro pulito 23; dello zinco id. 23: dell'acciaio id. 17; dello stagno 14; dell'argento 3. La facoltà emissiva del nero di fumo superiore a quella dei metalli, ci spiega come un liquido si raffreddi più presto quando le pareti del vaso in cui è contenuto sono affumicate, che quando sono lucenti.

Il potere emissivo di un corpo varia a parità delle altre circostanze, se varia lo stato della sua superficie. In generale le superficie scabre e più oscure favoriscono ed accrescono il potere emissivo e quindi anche l'assorbente perchè questi due poteri variano di pari passo. Per dimostrare che il potere emissivo di un corpo è uguale al suo potere assorbente,

Dulong prese un termometro differenziale con una bolla coperta di nero di fumo, e l'altra di metallo lucente, tra le due bolle collocò un vaso cilindrico metallico con un'estremità coperta di nero di fumo e l'altra metallica; la prima estremità era rivolta verso la bolla lucente, l'altra verso la bolla annerita. Riempì d'acqua a 100° il vaso e trovò che l'indice del termoscopio restava fermo a zero. Ciò dimostra che la quantità di calorico emessa dalla faccia lucente è di tanto minore di quella emessa dalla faccia nera, di quanto l'assorbimento della bolla nera è maggiore dell'assorbimento della bolla lucente.

I poteri emissivo ed assorbente dei corpi debbono, a parità delle altre condizioni, essere in ragione diretta del calorico specifico perchè tanto maggiore è la capacità calorifica dei corpi, tanto più grande debbe essere la loro facoltà di assorbire ed emettere calorico. Diffatti i corpi (nero fumo, acqua, carta da scrivere, cera di Spagna...) dotati di maggiore potere emissivo sono pure quelli che hanno maggior calorico specifico e reciprocamente.

Dal potere emissivo dei corpi dipende sovrattutto la celerità maggiore o minore del loro raffreddamento, le cui leggi sono state studiate da molti fisici e più specialmente da Newton, da Leslie, da Dulong e Petit. Questi ultimi studiarono particolarmente l'influenza che hanno sul raffreddamento i gaz, che circondano i corpi che si raffreddano, per determinare in ogni caso qual parte del raffreddamento sia dovuta all'irradiazione, e quale al contatto dei fluidi. *La legge di Newton sul raffreddamento* consiste in ciò, che quando un corpo si raffredda, gli eccessi della sua temperatura su quella dell'ambiente decrescono in progressione geometrica, allorchè il tempo della durata del raffreddamento cresce in progressione aritmetica. Chiamando e l'eccesso di temperatura del corpo sull'ambiente, t il tempo, a, b, c, tre coefficienti numerici da determinarsi colla sperienza per ciascun corpo, la legge di Newton può esprimersi colla formola $e=ab^{ct}$. Il calcolo fa vedere che la legge di Newton coincide con la seguente: la velocità di raffreddamento di un corpo,

ossia il rapporto della diminuzione di temperatura al tempo in cui questa diminuzione ha luogo, ossia ancora la quantità di calorico, che il corpo perde in un tempo determinato, è proporzionale all'eccesso della temperatura del corpo sulla temperatura dell'ambiente. Pertanto chiamando e l'eccesso suddetto di temperatura, v la velocità del raffreddamento ed a una costante da determinarsi per ciascun corpo o caso speciale colla sperienza sarà $v = a e$. Le sperienze di Dulong e Petit riconobbero esatta questa legge per valori di e non eccedenti 30 o 40 gradi; ma per eccessi maggiori la legge di Newton non si verifica più, e la velocità di raffreddamento, cresce più rapidamente di detta differenza. I mentovati autori dedussero dalle loro sperienze e da ipotesi più o meno felici una legge di raffreddamento assai più d'accordo coi fatti che non quella di Newton. Essi distinsero la velocità di raffreddamento in due parti, una dovuta all'irradiazione del corpo, la quale costituisce la velocità di raffreddamento nel vacuo, l'altra dovuta al contatto dei gaz, che circondano il corpo. Riguardo alla prima tennero conto della natura del corpo che si raffredda, della sua massa, dell'estensione e della forma della sua superficie, del suo potere emissivo, della temperatura del recinto, e dell'eccesso di temperatura del corpo sulla temperatura del recinto. Per riguardo alla seconda tennero conto dell'influenza di tutti i precitati elementi, più ancora della natura del gaz e della sua pressione. Chiamando v la velocità di raffreddamento v' la parte dovuta all'irradiazione nel vacuo, v'' quella dovuta al gaz, si ha $v = v' + v''$. Chiamando poi e l'eccesso di temperatura, t la temperatura dell'ambiente, p la pressione del gaz, Dulong e Petit trovarono $v' = h a^t (a^e - 1)$ essendo $a = 1{,}0077$ ed h un coefficiente da determinarsi coll'esperienza per ciascun caso speciale, e trovarono $v'' = k p^m e^n$ essendo k un coefficiente da determinarsi, come h, sperimentalmente per ogni caso speciale, e m ed n due esponenti il secondo dei quali è costante per ogni gaz e vale 1,223, ed il primo varia da gaz a gaz, valendo 0,45 per l'aria, 0,517 per l'anidride carbonica, 0,38 per l'idrogeno, 0,561 per il gaz oliofaciente.

Questa legge di Dulong e Petit non è certo matematicamente esatta, ma è quanto finora di meglio si possegga a questo riguardo. La legge sullo scaldamento è simile a quella sul raffreddamento.

L'avere i corpi la facoltà di trasmettere o no le radiazioni eteree, di assorbirle o di rifletterle, è un effetto che dipende dalla natura e disposizione delle molecole che noi ignoriamo. Tyndall dalle sue ricerche sopra la costituzione fisica molecolare delle sostanze gassose fu indotto a supporre che fra i liquidi ed i gaz la trasparenza è sinonimo con la discordanza, e l'opacità è sinonimo con la concordanza dei periodi ondulatorii dell'etere e delle molecole dei corpi in presenza. Tutte le sostanze trasparenti e scolorite debbono la loro trasparenza al disaccordo che esiste tra le durate d'oscillazione delle loro molecole e le durate delle onde di tutto lo spettro visibile. Si può conchiudere dalla trasparenza abituale dei corpi composti alla discordanza generale dei periodi delle loro vibrazioni con i periodi delle ondulazioni luminose, mentrechè la loro opacità per i raggi ultra-rossi prova la concordanza con i periodi delle onde al di là del rosso. L'acqua è eminentemente trasparente ai raggi luminosi, ed è opaca alle ondulazioni ultra-rosse, locchè proverebbe il sincronismo dei suoi proprii periodi con quelli delle onde più lunghe. Io penso che nei corpi trasparenti le radiazioni interne delle loro molecole si elidono mutuamente e non possono quindi opporsi al passaggio delle radiazioni esterne, mentrechè nei corpi opachi le radiazioni interne delle loro molecole si sommano insieme e si oppongono per conseguenza al passaggio delle radiazioni esterne.

Che la trasparenza e l'opacità dipendano non solo dalla natura delle molecole ma ancora dal modo con cui sono disposte è provato dal fatto che gli stessi corpi sono trasparenti oppure opachi a seconda della disposizione delle loro molecole. Il vetro, i sali metallici sono trasparenti quando le loro molecole sono aggregate in masse compatte, e diventano opachi polverizzandoli. Il ferro alla temperie ordi-

naria è opaco; a temperature elevate, giusta una recente osservazione del P. Secchi è pellucido.

Le ondulazioni calorifiche si polarizzano precisamente come quelle luminose sia per riflessione, sia per rifrazione semplice o doppia. La polarizzazione del calorico per riflessione si dimostra in un modo analogo a quello che si usa per dimostrare simile proprietà della luce. Se si fa cadere sotto un certo angolo (che è ad un dipresso lo stesso angolo di polarizzazione della luce) un raggio calorifico su di uno specchio di vetro, e si riceve quindi sotto lo stesso angolo su di un altro specchio simile, si osserva che il minimo d'intensità del raggio riflesso la seconda volta, si ha quando il suo piano di riflessione è perpendicolare al piano di riflessione del raggio incidente sul primo specchio. Il Melloni ha dimostrato che il calorico si polarizza per rifrazione, facendo passare i raggi calorifici attraverso due tormaline, o attraverso pile di lastre di mica. Si è infine dimostrato la polarizzazione del calorico per doppia rifrazione con gli stessi mezzi con cui si opera per la luce. Non occorre di aggiungere che come la luce, così il calorico polarizzato è dotato di qualità diverse da quelle che ha il calorico normale.

Nella polarizzazione del calorico, come in quella della luce, le ondulazioni calorifiche da oblique che erano diventano parallele. Mentre le ondulazioni sonore si compiono nel senso della trasmissione del suono perchè sono prodotte da un semplice moto vibratorio dei corpi, le ondulazioni calorifiche come pure quelle luminose e chimiche si fanno in direzione trasversale a quella secondo cui si propaga il movimento calorifico, luminoso o chimico, perchè sono prodotte da un moto vibratorio e rotatorio dei corpuscoli: allo stato normale le ondulazioni formano angoli diversi con la linea di propagazione, ed allo stato polarizzato, debbono formare tutte lo stesso angolo. Come in una lunga corda, distesa sul suolo, agitata per un capo a strappate in un piano verticale, nascono delle onde, che si propagano nel senso longitudinale della corda stessa, quantunque le singole parti di essa oscillino trasversalmente, così analoghe ondulazioni nascono nel-

l'etere agitato in un punto dal moto rotatorio e vibratorio dei corpuscoli. Medesimamente, se un sassolino cade in uno stagno d'acqua tranquilla, le onde, che nascono per lo scuotimento, si trasmettono circolarmente intorno in un piano orizzontale, ma le molecole acquee oscillano in senso verticale, come si scorge dall'esame del moto dei galleggianti sull'acqua. Il P. Secchi, che molto si addentrò nell'esame dei modi, con cui si potrebbe concepire la trasmissione del movimento dell'etere normalmente alla direzione della scossa primitiva, cita a questo proposito l'esperienza del Marianini, relativa alla trottola, che dorme su di un piano orizzontale, e che inclinando il piano, invece di discendere dal lato della massima pendenza obbedendo alla gravità, cammina in direzione normale a questa forza. Considerando poi, che se urtiamo un corpo in rotazione, dipendentemente dalla direzione e dalla grandezza della spinta, nascono generalmente nel corpo un movimento laterale alla direzione dell' urto, ed una deviazione dell'asse, egli suppone gli atomi dell'etere in rotazione, e fa vedere come possa per una spinta iniziale e per gli urti successivi degli atomi nascere la propagazione trasversale del movimento.

Le radiazioni calorifiche allorchè si incontrano obliquamente sotto un angolo piccolissimo danno luogo, come le luminose, al fenomeno delle interferenze, cioè se le ondulazioni che si incontrano vanno nel medesimo senso si rinforzano ed accrescono la temperatura, se vanno in senso opposto si estinguono ed abbassano la temperatura. Foucault dimostrò non è guari questa verità facendo riflettere da due specchi piani uniti ad angolo ottusissimo fra di loro il calorico raggiante e mettendo nei luoghi in cui i raggi riflessi da uno specchio incontravano quelli riflessi dall'altro specchio dei piccolissimi termometri, i quali indicavano un aumento od una diminuzione di temperatura secondochè l' incontro delle ondulazioni calorifiche succedeva quando andavano nello stesso verso, oppure quando si muovevano in senso opposto. Come luce aggiunta a luce può produrre oscurità così calorico aggiunto a calorico può produrre abbassamento di tem-

peratura. Le radiazioni calorifiche nel rasentare le superficie dei corpi solidi danno luogo, come quelle luminose, al fenomeno della rifrazione.

L'intensità delle radiazioni calorifiche quando varia, oltre di far variare il volume e la temperatura dei corpi, può anche indurli a cangiare stato ed a trasformarsi in altri corpi. In ogni luogo nascono ed esistono dei composti, delle molecole il cui modo d'essere, d'esistere sia d'accordo colle radiazioni calorifiche, e quando non c'è quest'accordo le molecole si convertono in altre molecole capaci di stabilirlo. Le radiazioni calorifiche quando variano d'intensità possono dunque determinare i corpi a trasformarsi in altri corpi. Le radiazioni intense e quindi le temperature elevate determinano le molecole complesse a trasformarsi in molecole di più in più semplici; le radiazioni poco intense e quindi le temperature basse eccitano le molecole poco complesse a convertirsi in altre più complicate. Nelle piante all'ordinaria temperatura sotto l'influenza delle radiazioni solari le molecole d'acqua, d'anidride carbonica, d'ammoniaca formate di un piccolo numero d'atomi si convertono in molecole di cellulosa, di destrina, d'albumina... che contengono un numero considerevole d'atomi. Le molecole che formano le piante sottomesse all'influenza di intense radiazioni calorifiche, o con altre parole scaldate a temperatura elevata si risolvono in ultima analisi nelle molecole (acqua, anidride carbonica, ammoniaca) da cui furono generate. Sotto l'influenza di radiazioni calorifiche poco intense il ferro si combina con l'ossigeno per produrre l'ossido di ferro, il carbonio e l'idrogeno si combinano con lo stesso elemento per generare l'anidride carbonica e l'acqua, l'anidride carbonica si combina con l'ossido di ferro per produrre il carbonato di ferro... Sotto l'influenza di radiazioni calorifiche abbastanza intense il carbonato di ferro si risolve in anidride carbonica ed in ossido di ferro; l'anidride carbonica, l'acqua, l'ossido di ferro sottoposti all'influenza di radiazioni calorifiche assai intense si riducono nei loro rispettivi elementi, cioè l'anidride carbonica in car-

bonio ed in ossigeno, l'acqua in idrogeno ed in ossigeno, e l'ossido di ferro in ferro ed in ossigeno.

Sono *sorgenti di calore* i corpi che avendo una maggior temperatura emettono più radiazioni calorifiche degli altri. Le principali sorgenti di calore sono il sole e i corpi in combustione. La causa della maggior temperatura e quindi della sorgente di calore risiede nella condensazione della materia, in virtù della quale i corpi perdono in volume quando guadagnano in velocità ossia in forza viva. La condensazione della materia può essere prodotta da un' attrazione interna che emana dai centri delle molecole, oppure da una pressione esterna. Nel sole, nei corpi che bruciano, la causa che condensa la materia è interna. È anche dovuto ad un'attrazione interna lo sviluppo di calorico che ha luogo allorchè un corpo solido (carbone, platino spugnoso...) assorbe un gaz. La pressione esterna a cui i corpi sono sottoposti, quando aumenta, cagiona sviluppo di calore. I corpi si riscaldano tanto più quanto più vengono premuti. Lo sfregamento fra due corpi sviluppa una quantità di calorico tanto più grande, quanto maggiore è la pressione che accompagna lo stesso sfregamento, e quanto più questo si fa rapidamente. È noto come soffregando le mani l' una contro l' altra e contro un altro corpo sentiamo un calore, tanto più intenso, quanto più rapido è lo sfregamento. Al calorico sviluppato per lo sfregamento ossia per un rapido aumento di pressione, è dovuto l'accendersi dei zolfanelli fosforici, la produzione delle faville e quindi l'accensione dell' esca negli antichi acciarini a pietra focaia, l'infiammarsi dell' asse di una ruota per il rapido movimento di questa, lo scaldarsi dei metalli quando vengono a lungo battuti con un martello sull' incudine ed altri simili effetti.

In certi casi lo sviluppo di calore è ad un tempo dovuto ad un aumento dell'attrazione interna e della pressione esterna. Il signor Pouillet ha dimostrato che si ha elevazione di temperatura sempre quando un liquido viene a bagnare un solido senza che succeda azione chimica alcuna tra di essi. Un tale sviluppo di calore è appena sensibile, allorchè si ba-

gnano con acqua, alcole, olio o con altri analoghi liquidi le sostanze inorganiche, ma in certi casi, giunge sino a 10°, quando si bagnano con acqua sostanze organiche, come sarebbero membrane animali diseccate e ridotte in piccoli frantumi, amido, spugna, farina, radici polverizzate, tessuti di tela... In questi ed in altri analoghi casi l'aumento di temperatura è dovuto alla pressione che il liquido esercita sul corpo solido, e ad una mutua attrazione che ha luogo tra le molecole del primo e quelle del secondo.

Le radiazioni chimiche dette anche attiniche sono prodotte dal moto rotatorio e vibratorio degli atomi: esse sono le radiazioni le più brevi e quindi le più rifrangibili. Siccome i corpi, a parte le vibrazioni elettriche e magnetiche, compiono tre generi di vibrazioni così da essi partono simultaneamente tre generi di radiazione. Decomponendo per mezzo di un prisma le radiazioni provenienti da un corpo incandescente si ottengono tre spettri, il calorifico, il luminoso ed il chimico. Lo spettro calorifico incomincia al di là dell'estremo rosso, lo spettro chimico al di là dell'estremo violetto e si estendono ambidue per un certo tratto nello spettro luminoso. Ricevendo sopra una carta spalmata di cloruro d'argento lo spettro solare ottenuto per mezzo di un prisma, si osserva che quella carta diventa più nera nel sito corrispondente al colore violetto che in quello corrispondente agli altri colori, e che l'annerimento non si restringe solamente allo spazio occupato dal violetto, ma si estende al di là dello stesso colore fuori dello spettro, e se la luce è decomposta con buoni prismi di cristalli di rocca, i quali non assorbono le radiazioni le più refrangibili, si estende per uno spazio più che doppio di quello luminoso. Invece del cloruro d'argento si possono adoperare altre sostanze alterabili dall'azione delle radiazioni chimiche, come ioduro o bromuro dello stesso metallo. Vi hanno dei corpi che si formano e si mantengono inalterati sotto l'influenza di certe radiazioni e si alterano se vengono sottoposti all' azione di radiazioni di specie diverse. Così per esempio l'anidride solforosa SO^2 che si forma con facilità estrema per l'azione del calore sopra il solfo e

l' ossigeno, si decompone con grande facilità sotto l' azione delle radiazioni chimiche in S ed in SO^3.

Come al di là del rosso le radiazioni calorifiche sono separate dalle luminose, così al di là del violetto le radiazioni chimiche non sono più mescolate con le altre radiazioni. Però dietro alcune ricerche di I. Herschel relative alle proprietà fotografiche dello spettro esisterebbe ancora una striscia di luce oltre il violaceo nella regione chimica, essa costituirebbe il così detto color di lavanda.

Nelle radiazioni chimiche si debbe distinguere come nelle altre radiazioni l'intensità, l'altezza ed il timbro. Le leggi cui obbediscono le radiazioni chimiche sono identiche a quelle che regolano le radiazioni luminose. Esse si riflettono quindi e si rifrangono, colla legge stessa con cui si riflette e si rifrange la luce. Berard ha dimostrato che i raggi chimici soffrono la doppia rifrazione come i luminosi, e Arago ha provato che presentano i fenomeni di interferenza, come i raggi lucidi dello stesso grado di rifrangibilità. Becquerel dimostrò che nello spettro chimico, esistono le righe, come nello spettro luminoso. Finalmente diversi fisici hanno dimostrato la polarizzazione dei raggi chimici, e la produzione per mezzo di esse, su carte impressionabili, degli anelli colorati e delle figure che si ottengono dalla luce coll' uso di certi cristalli.

Come vi hanno dei corpi diafani e dei corpi opachi, dei corpi diatermani e di quelli atermani, così vi hanno pure dei corpi diattinici e dei corpi attinici ossia che lasciano o no passare i raggi chimici dello spettro. Facendo passare le radiazioni che provengono dal sole o da un corpo incandescente attraverso certe sostanze si possono quindi separare le radiazioni di una data specie da quelle di specie diversa, le radiazioni di una certa lunghezza da quelle che hanno una lunghezza diversa. Così per es. l'acqua clorata arresta le radiazioni chimiche e lascia passare quasi in totalità le altre due specie di radiazioni. La soluzione del iodo nel solfuro di carbonio lascia passare le radiazioni calorifiche e non le luminose. I cristalli di allume non permettono il passaggio

alle radiazioni calorifiche e lasciano passare quelle luminose. Il professore Miller ha riconosciuto che l'aria atmosferica, l'acqua sia liquida che solida, il cristallo di rocca, lo spato fluore ed il sal gemma erano le sostanze le più diattiniche. In seguito per rispetto la diattinicità vengono i solfati, quindi i carbonati, i fosfati, gli arseniati ed i borati. Le diverse varietà di zucchero, gli ossalati, i tartrati, gli acetati ed i citrati esercitano un'azione assorbente assai marcata sopra i raggi chimici. Fra i sali degli acidi inorganici, i nitrati arrestano in un modo rimarchevole le radiazioni chimiche. Il potere assorbente dei clorati è molto meno considerevole. I solfiti e gli iposolfiti sono meno diattinici dei solfati. I liquidi seguenti sono indicati nell'ordine della loro trasparenza chimica, liquore degli olandesi, cloroformio, benzole, glicerina, spirito di legno, acido acetico, essenza di terebentina, glicole, solfuro di carbonio. Il tricloruro e l' ossicloruro di fosforo, sebbene perfettamente incolori e limpidi, sono perfettamente attinici cioè intercettano la totalità dei raggi chimici. Le parti verdi delle piante assorbono le radiazioni chimiche, perchè nelle immagini ottenute col dagherotipo queste parti non vengono riprodotte.

Le radiazioni chimiche si propagano colla stessa velocità delle luminose, essendochè i primi raggi luminosi solari, che ci vengono dalla regione della luna al finire di un ecclisse totale di sole, arrivano a noi coi raggi solari chimici. Conoscendo la velocità di propagazione delle radiazioni eteree, che è di 330 mila chilometri per secondo, e la lunghezza delle diverse specie di ondulazione; è facile il calcolare la loro celerità, la quale è tanto più grande quanto più brevi sono le ondulazioni. Giusta Esselbacb le ondulazioni chimiche più celeri ancora capaci di generare effetti di fluorescenza, sarebbero in numero di circa mille trilioni per secondo, e giusta Müller le ondulazioni più lente finora misurate e ancora sensibili come calore sarebbero in numero di 160 trilioni per minuto secondo. Le ondulazioni sensibili all'occhio nostro sotto forma di luce, debbono essere comprese tra i limiti di circa 400 ed 800 trilioni per minuto secondo. Quindi

la scala totale delle ondulazioni eteree in qualche modo sensibili sarebbe di circa sei ottave.

Le radiazioni eteree possono variare di periodo e quindi di lunghezza e trasformarsi le une nelle altre, cioè le radiazioni chimiche possono convertirsi in radiazioni luminose e calorifiche, le radiazioni calorifiche possono convertirsi in radiazioni luminose e reciprocamente. Facendo cadere la parte invisibile dello spettro chimico solare ottenuto con un prisma di cristallo di rocca sopra una lamina di vetro d'uranio, si vede tosto il vetro diventare luminoso, e rimanere tale, finchè dura l'azione dei raggi chimici. Moltissime sono le sostanze che godono di questa proprietà di emettere raggi luminosi, allorchè si fanno cadere su di esse nelle tenebre i raggi più rifrangibili dello spettro. Facendo cadere i raggi violetti ed ultravioletti dello spettro sopra il solfato di chinina e di altre sostanze, il professore Stokes ottenne il cangiamento dei periodi di questi raggi. Una soluzione di iodo nel solfuro di carbonio gode della proprietà di intercettare i raggi luminosi e non i calorifici. Quindi se facciamo passare un fascio di luce solare o di luce elettrica attraverso ad una tale soluzione chiusa in un vaso, di cui due pareti opposte siano di sal gemma, i soli raggi calorifici passeranno oltre, e condensandoli con una lente in breve spazio, si ottiene un centro invisibile di calore, che si può rendere intensissimo. Tyndall riuscì per il primo a convertire le radiazioni calorifiche oscure in radiazioni luminose facendo cadere le prime sopra una lamina platinizzata (cioè rivestita di platino finamente diviso deposto coll'azione elettrolitica): sotto l'influenza dei raggi calorifici oscuri la lamina diviene tosto luminosa. Molte altre sostanze diventano luminose quando vengono sottoposte all'influenza dei raggi calorifici oscuri condensati per mezzo di una lente.

Le radiazioni di una data specie possono dunque far nascere nei corpi vibrazioni di specie diversa, e trasformarsi così le une nelle altre, e le radiazioni eteree chimiche, calorifiche e luminose possono quindi non solo convertirsi le une nelle altre ma ancora in radiazioni elettriche e magne-

tiche, e le radiazioni elettriche e magnetiche possono a loro torno trasformarsi nelle altre specie di radiazioni.

La materia attiva ha la virtù di girare ed oscillare intorno dei punti. Ciò posto affinchè singole le parti di un sistema molecolare girino ed oscillino intorno al centro, è necessario che ciascun sistema sia, come la terra, animato di un moto vibratorio e rotatorio intorno all'asse del sistema , e di un moto oscillatorio e giratorio dell' asse intorno ad una linea che , nei sistemi simmetrici , lo divide in due parti eguali facienti angoli eguali con la retta. Le radiazioni calorifiche, luminose e chimiche , sono prodotte dal moto vibratorio e rotatorio dei relativi sistemi intorno ai loro assi , le radiazioni che sono causa dei fenomeni elettrici e magnetici sono prodotte dal moto oscillatorio e giratorio degli assi dei sistemi. Il moto assiale ossia il moto giratorio ed oscillatorio di un asse intorno ad una retta che lo divide in due parti, si compone del moto vibratorio e giratorio d'una parte dell'asse e del moto vibratorio e giratorio dell'altra parte dello stesso asse. Questi due moti , per ragioni meccaniche facili a concepirsi, sono diretti in senso contrario ed opposto. Il moto assiale che è causa dei fenomeni elettrici e magnetici componendosi di due moti diversi, ne viene per conseguenza che genera due specie di radiazioni eteree; di qui il perchè esistono due specie di elettricità , e due specie di magnetismo.

Intanto siccome il moto di precessione (giratorio) e di nutazione (oscillatorio) dell'asse terrestre è molto meno veloce di quello di rotazione , così il moto assiale delle molecole debbe anche essere molto più lento di quello equatoriale, e le sue radiazioni nello stato normale ci sono insensibili e non diventano sensibili che quando le forze producenti un tale moto sono squilibrate o composte in risultanti maggiori. L' equilibrio del moto assiale delle molecole è molto instabile: piccole variazioni di pressione possono squilibrarlo. Nelle molecole in stato d'equilibrio il loro asse fa colla retta intorno cui gira ed oscilla due angoli eguali ed i due semiassi sono animati di forze eguali ed opposte. Nelle molecole

in stato di squilibrio la forza che anima un semiasse è maggiore di quella da cui è animato l'altro semiasse, ed il primo semiasse oscilla più rapidamente del secondo e fa colla retta un angolo alquanto maggiore. L'eccesso di forza che opera in uno dei poli è la causa conosciuta sotto il nome di *elettrico.* I corpi che hanno il moto assiale delle molecole squilibrato diconsi *elettrizzati,* e siccome vi esistono due specie di elettrico secondochè la forza del polo levogiro prevale sulla forza del polo desterogiro, oppure questa prevale su quella, così i corpi diconsi elettrizzati negativamente o positivamente secondochè in essi prevale l'una o l'altra forza. Il mezzo il più generale di elettrizzare i corpi si è lo strofinamento. I corpi elettrizzati si distinguono soprattutto dagli altri per le proprietà che hanno di attirare i corpi leggieri. Ogniqualvolta due corpi vengono strofinati l'uno contro l'altro e quindi separati succede costantemente che si costituiscono in due stati elettrici diversi, e la quantità di elettrico negativo contenuta nell'uno è uguale alla quantità di elettrico positivo contenuta nell'altro. Collo strofinamento si turba in un modo rapido l'equilibrio di pressione dei corpi e si fa variare la lunghezza degli assi delle molecole e gli angoli che fanno colla retta intorno cui girano, e per una tale variazione un poco di forza, che produce il moto assiale, viene squilibrata e risolta nelle sue rispettive componenti levogira e desterogira le quali nell'atto della separazione dei due corpi si distribuiscono inegualmente sui medesimi, per cui in un corpo vi resta un eccesso di forza levogira, e nell'altro un eccesso di forza desterogira, ed i due eccessi debbono essere eguali tra di loro, imperocchè il moto assiale essendo composto di quantità eguali di forza levogira e di forza desterogira, allorchè si scompone genera quantità eguali di elettrico negativo e di elettrico positivo. Si ammette che l'elettrico, di cui si carica il vetro liscio quando viene strofinato con della lana, sia positivo e quello di cui si carica la ceralacca strofinata colla stessa lana sia negativo. Una sfera metallica sospesa ad un filo di seta tende a girare verso destra se si carica dell'elettrico che si svolge nel vetro strofinandolo con

lana e tende a girare verso sinistra se si carica dell'elettrico che in modo analogo si fece sviluppare nella ceralacca. L'elettrico positivo è dunque prodotto dalla forza desterogira, ed il negativo dalla forza levogira. La proprietà che hanno i corpi elettrizzati di attirarsi o di repellersi, secondochè sono carichi dello stesso elettrico o di elettrico diverso, serve a riconoscere la specie di elettricità che in essi si sviluppa avvicinandoli ad un corpo leggiero carico di elettricità nota per es. ad un pendolo consistente in un globetto di midollo di sambuco sospeso per mezzo di un filo.

La specie di elettrico di cui si carica ciascuno dei corpi, varia a seconda della natura del corpo e delle condizioni in cui è collocato. Confricando o premendo un corpo a superficie scabra con un corpo a superficie liscia, in generale accade che il primo si carica di elettrico negativo ed il secondo di elettrico positivo. Il vetro liscio strofinato con lana si carica di elettrico positivo e la lana di elettrico negativo, il contrario accade col vetro che ha perduto il suo liscio. Di due corpi premuti o confricati insieme, prende sempre l'elettrico negativo quello la cui temperatura è maggiore: di due corpi della stessa natura strofinati insieme si carica di elettrico negativo quello che venne confricato sopra una minore superficie.

Qualunque azione che produca variazione di pressione può decomporre il moto assiale in elettrico. La calce solfata, il mica ed altri minerali si elettrizzano nell'atto che si sfaldano, per la variazione di pressione cagionata dalla separazione delle lamine. Un corpo ad es. un pezzo di seta, agitato nell'aria si elettrizza, perchè nel senso in cui si muove subisce una maggiore pressione che nel senso opposto. Il dottore Palagi ha riconosciuto che tutti i corpi in istato naturale danno segni di elettricità positiva tosto che vengono scostati dalla terra o da altri corpi, e danno segni di elettricità negativa tosto che alla terra o agli altri corpi si avvicinano, locchè dipende dalla variazione dell'intensità attrattiva, e quindi della pressione cagionata dalla variazione delle distanze, essendochè gli effetti in discorso si producono anche

operando nel vacuo. Arroge che la forza la quale si applica al corpo per farlo muovere debbe anche in questo ed in altri analoghi casi influire sulla produzione dell'elettrico.

Si ottengono fortissime scintille elettriche avvicinando un dito o meglio un corpo deferente terminato in punta alla colonna del vapore che esce dall'orificio di una caldaia isolata in cui il vapore si forma sotto una grande pressione; la quale caldaia costituisce la così detta *Macchina idro-elettrica d'Armstrong.* Secondo Faraday l'elettricità sarebbe in questo caso prodotta dalla confricazione dei globetti d'acqua trasportati rapidamente dal vapore contro le pareti della caldaia o del tubo. Il vapore si mostra carico di elettrico positivo, e la caldaia od il tubo metallico da cui esce di elettrico negativo. L'aggiunta di un poco d'olio di trementina o d'oliva rovesciano gli stati elettrici. Quella di una piccola quantità di sale o d'acido fa cessare ogni fenomeno elettrico. Questi corpi debbono quindi opporsi alla trasformazione del moto assiale in moto elettrico. A contatto della terra e di una corrente d'acqua, come si è assicurato il celebre elettricista Becquerel, vi ha sviluppo d'elettrico; la terra prende un eccesso notevole di elettrico negativo, e l'acqua un eguale eccesso di elettrico positivo. Questo sviluppo d'elettrico è dovuto alla pressione variabile che le acque esercitano sul suolo che percorrono, ed anche alle azioni fisiche e chimiche che si effettuano tra l'acqua e le materie del suolo.

Vi hanno dei corpi detti *piroelettrici*, che si elettrizzano mentre si scaldano o si raffreddano, e le due specie di elettrico si accumulano in due estremità opposte. La stessa specie di elettrico si porta verso l'una o verso l'altra estremità secondochè la temperatura del corpo cresce o diminuisce, dimodochè quando si cessa di scaldare un corpo piro-elettrico vi è un momento brevissimo, in cui desso cessa di essere elettrizzato, perchè la sua temperatura ha cessato di crescere e non ha ancora incominciato a diminuire, al quale momento ne succede un altro, in cui i due poli si invertono e l'estremità che era elettrizzata negativamente diviene elettrizzata positivamente e reciprocamente. Godono della pro-

prietà in discorso la tormalina, la boracite, la calamina, il topazio, il mesotipo, lo zucchero ed altri corpi cristallizzati aventi come questi le estremità non simmetriche. I corpi piro-elettrici, stante la particolare disposizione delle loro molecole, debbono, mentre si scaldano, assorbire nelle loro estremità quantità ineguali di forza levogira e di forza desterogira, e svolgerne delle quantità ineguali mentre si raffreddano. L'estremità che assorbe, durante lo scaldamento, più forza levogira che desterogira, debbe, stante l'eguaglianza dei due poteri assorbente ed emissivo, durante il raffreddamento perdere più forza levogira che desterogira, di qui la cagione dell'invertimento dei poli. Scaldando nel suo mezzo un filo di platino ben disteso, unito ai capi del filo galvanometrico, non si ha produzione di elettrico, ma se invece di lasciare disteso il filo di platino, si attortigli a spira, gli si fanno dei nodi, e poi si scalda, vi ha produzione d'elettrico, il quale viene accusato dalle deviazioni dell'ago del galvanometro.

Principali sorgenti di elettricità sono le trasformazioni sia chimiche che fisiche, sempre quando si effettuano in condizioni propizie alla separazione delle due forze levogira e desterogira. Tocca all'esperienza il cercare le condizioni in cui il moto assiale si decompone in elettrico, e come le due specie di elettricità si distribuiscono nei corpi che si trasformano. Distinti fisici hanno con ripetuti sperimenti riconosciuto: 1° Che nelle reazioni corpuscolari non vi ha sviluppo di elettricità che nel caso in cui ambidue i corpi che reagiscono fra di loro sono conduttori dell'elettrico. 2° Che nelle combinazloni chimiche, il metallo che resta attaccato si carica di elettrico negativo, il liquido che agisce sul metallo si carica di elettrico positivo. 3° Che nella combinazione delle basi cogli acidi, questi prendono l'elettrico positivo, le basi l'elettrico negativo.

L'elettrico si distribuisce sulla superficie dei corpi. Diffatti se si ricopre una sfera metallica elettrizzata con due callotte di carta dorata sottilissime e munite di manichi coibenti, e quindi si separano per mezzo dei manichi le due callotte, si trova che queste ultime si sono elettrizzate, mentre la

sfera metallica ha perduto tutta la sua elettricità. Nei corpi detti deferenti o conduttori, per es. nei metalli, l'elettrico si distribuisce su l'intiera superficie, perchè in questi corpi passa facilmente di molecola in molecola; nei corpi detti coibenti od isolatori, per es. nel vetro, nel legno, nella ceralacca si distribuisce in un modo irregolare e non continuo perchè passa difficilmente da un polo molecolare ad un altro e la sua distribuzione s'arresta quando la potenza coibente vince la forza con cui l'elettrico tende a spandersi. L'essere un corpo coibente o deferente dipende dalla natura e soprattutto dalla disposizione delle molecole, perchè lo stesso corpo può condurre o meno l'elettrico a seconda dello stato in cui si trova. I corpi conduttori strofinati non si elettrizzano se non sono isolati dalla terra per mezzo di corpi coibenti, perchè l'elettrico che in essi si svolge si diffonde tosto nel suolo, che è in grande parte composto di corpi deferenti. Un corpo conduttore sostenuto da un piede fatto di una sostanza coibente si dice *isolato*. La gomma lacca è, secondo Coulomb, il più perfetto isolatore.

L'elettrico tende a portarsi nelle parti acuminate: esso nei corpi deferenti, tranne quelli che hanno una forma sferica, si distribuisce quindi in quantità ineguali nei diversi punti, si accumula maggiormente sulle superficie angolose o più incurvate che sulle altre. Un corpo elettrizzato, benchè isolato nel modo migliore possibile, va successivamente perdendo la sua elettricità libera, fino a ridursi allo stato naturale ossia allo stato d'equilibrio. La perdita di elettrico è molto maggiore nell'aria umida che nell'aria secca, perchè l'aria quand'è umida è meno coibente che quando è secca. È maggiore nell'aria rarefatta collo scaldamento od in altro modo che nell'aria non rarefatta. Se si colloca una punta sopra un conduttore, l'elettrico che in esso si sviluppa si accumula verso la punta e si disperde per la massima parte nell'aria sotto forma luminosa. Nell'oscurità si vede che la punta termina con un fiocco luminoso se l'elettrico è positivo, oppure con una stelletta se è negativo. Su questa pro-

prietà sono basati i parafulmini per mezzo dei quali si preserva una data superficie dalla caduta del fulmine.

I corpi elettrizzati agiscono a certa distanza sugli altri corpi e li elettrizzano, decompongono cioè il loro moto assiale attirando la forza di nome contrario nella parte più prossima, e respingendo l'omologa nella parte più remota. Questa facoltà che ha l'elettrico libero di elettrizzare in distanza un corpo allo stato naturale chiamasi *influenza* o *induzione elettrica.* Un cilindro metallico isolato diventa tosto elettrizzato per influenza se vien posto a certa distanza da un conduttore elettrizzato. La tensione elettrica del cilindro è nulla nel mezzo, e segue una progressione crescente andando verso le due estremità, lo che si dimostra attaccando previamente lungo il cilindro dei pendolini, la cui divergenza, massima alle due estremità, diminuisce andando verso il mezzo in cui è nulla. Se ad una certa distanza dal cilindro elettrizzato per influenza, se ne colloca un altro, esso diventa anche elettrizzato per influenza e così di seguito.... In un corpo elettrizzato per influenza, la quantità di elettrico che si accumula ad un'estremità è uguale a quella di nome contrario che si accumula all'altra estremità. Un corpo elettrizzato per influenza ritorna allo stato normale se viene allontanato dall'altro corpo. In questo caso le due forze levogira e desterogira si uniscono lentamente tra di loro; se si scarica istantaneamente il conduttore elettrizzato, quello elettrizzato per influenza ritorna allo stato normale colla stessa rapidità con cui è scomparso l'elettrico sul conduttore influente. Se il conduttore elettrizzato per influenza fosse un animale assai sensibile, per es. una rana di recente uccisa, vi si veggono svegliate le più violente contrazioni. Il così detto *colpo di ritorno* è un effetto prodotto dalla subitanea unione delle due elettricità state separate per l'influenza di una nube elettrizzata, nell'atto che avviene in questa la scarica elettrica.

Un conduttore elettrizzato per influenza cessa di dare segni elettrici se si fa comunicare col suolo, perchè, l'elettrico omologo dell'inducente passa nel suolo, e l'altro di nome

contrario è *dissimulato,* ossia equilibrato a distanza dalle radiazioni che il moto elettrico dello stesso inducente fa nascere nell'etere. Diffatti, se tolto il contatto col suolo, si allontanano i due conduttori, l'elettrico del conduttore influenzato non più dissimulato dall'elettrico dell'altro conduttore si fa tosto palese sul primo conduttore, il quale si mostra in ogni sua parte carico di elettricità contraria a quella del conduttore inducente. Questo è anzi uno dei modi con cui si rende libero uno dei due elettrici svolti per influenza. Quando si avvicinano fra loro due corpi elettrizzati i segni elettrici diminuiscono o crescono secondochè l'elettrico di cui sono carichi è diverso o della stessa specie, perchè nel primo caso le due elettricità diverse si dissimulano attraverso l'etere, e nel secondo caso si rinforzano a vicenda. L'induzione elettrica ha luogo per mezzo delle particolari ondulazioni che i corpi elettrizzati fanno nascere nell'etere, le quali determinano il moto assiale ossia l'elettrico normale a decomporsi in elettrico levogiro ed in elettrico desterogiro. Essa si realizza sia quando lo spazio che separa i due conduttori metallici è vuoto, sia quando è pieno di materia coibente. In questo secondo caso il moto assiale della materia coibente interposto tra l'inducente e l'indotto è anche influenzato dal conduttore elettrizzato. Le molecole del coibente che toccano il conduttore elettrizzato debbono caricarsi per contatto dello stesso elettrico di cui è carico il conduttore, ma l'elettrico di quest'ultimo come pure l'elettrico del primo strato di molecole del coibente non potendo essere trasmesso alle molecole successive, agisce sul loro elettrico normale dissimulando un poco d'elettrico di nome contrario e rendendo libera una quantità corrispondente di elettrico omologo, il quale senza mutare posto opera sulle molecole successive, dissimula un poco d'elettrico di nome contrario, e rende libero un poco di elettrico omologo il quale..... Se non fosse dei corpi coibenti, i corpi conduttori non potrebbero venire elettrizzati per induzione, perchè l'elettrico libero si diffonderebbe tosto nei medesimi. In un coibente elettrizzato per influenza una porzione di elettrico normale di ciascuna mo-

lecola dissimula ed è a sua volta dissimulato dall'elettrico di nome contrario delle molecole attigue. Questo debbe essere lo stato che il celebre fisico Faraday chiamò *polarizzazione del corpo dielettrico*. Il corpo coibente interposto tra il conduttore inducente e l'indotto se è influenzato dalle loro radiazioni eteree, debbe a suo torno esercitare un'influenza su queste ultime, e modificarne il grado d'intensità. Prendendo eguale ad uno il potere induttivo dell'aria, Faraday ha trovato che il potere induttivo della gomma lacca era 1,55; quello del vetro 1,76; quello del solfo 2,24. Sulla influenza elettrica, e sulla proprietà che ha l'elettrico di una specie di dissimulare in distanza attraverso lo spazio vuoto o pieno di materia coibente l'elettrico di specie diversa sono fondati la *macchina elettrica*, l'*elettroforo*, la *bottiglia di Leida*, il *quadro magico* e tanti altri stromenti.

Le forze tendono all'ordine ed all'equilibrio. Egli per raggiungere un tale scopo che avvicinano od allontanano i corpi tra di loro. Ciò posto i corpi carichi di elettricità diversa quando sono a certa distanza si attirano per stabilire l'equilibrio tra le loro elettricità; i corpi carichi dello stesso elettrico si repellono perchè non possono equilibrarsi tra di loro; i corpi elettrizzati attirano quelli che sono allo stato normale, perchè tendono a spandere su questi ultimi una porzione del loro elettrico ed a diminuire lo stato di squilibrio. Due corpi diversamente elettrizzati dopo essersi attirati ed avvicinati restano a contatto se le loro elettricità eguali in quantità si sono completamente neutralizzate ossia equilibrate, in caso contrario cioè se la quantità di una specie di elettrico è maggiore di quella dell'altra specie, allora dopo di essersi avvicinati e di essersi equilibrate quantità eguali di elettricità diverse, si repellono perchè sono divenuti carichi della stessa elettricità.

Chiamasi *scarica elettrica* l'atto in cui le sue elettricità, ossia le due forze levogira e desterogira si uniscono insieme per produrre del moto assiale e delle altre specie di movimento. I fenomeni luminosi calorifici, chimici, meccanici, fisiologici prodotti dalla scarica elettrica sono un effetto della

trasformazione dell'elettrico nei movimenti che sono causa dei ridetti fenomeni. Chiamasi *scaricatore* l'arco metallico che si impiega per mettere in comunicazione le due elettricità della bottiglia di Leida, o di un altro analogo stromento, che debbe produrre la scarica; quest'arco è d'ordinario articolato nel mezzo ed ha due manichi di vetro presso la snodatura, per cui è impedito all'elettrico di scaricarsi fuori di lui. La scintilla ossia la luce che produce la scarica è tanto più viva quanto più grande è la quantità di elettrico che si equilibra. Ella varia di colore nei diversi gaz. Nell'aria è bianca, nell'idrogeno è di colore cremisi, nell'azoto di colore porpora, nell'aria assai rarefatta di colore violaceo. Questi diversi colori dipendono dalla diversa durata ed ampiezza delle vibrazioni luminose che l'elettrico fa nascere nelle molecole. La scintilla è rettilinea finchè è corta e non ha più di un pollice di lunghezza; se è più lunga si mostra tortuosa e prende presso a poco la figura a zig-zag ben conosciuta del fulmine. Molti corpi, come il gesso, il borace, lo zucchero in pane, sottoposti all'influenza della scarica elettrica diventano fosforescenti. La quantità di calorico che si sviluppa durante la scarica elettrica è proporzionale alla quantità di forza elettrica che si è convertita in forza calorigena. Qualunque sia il corpo attraverso il quale si fa passare una scarica elettrica, si trova sempre che ha subito un certo scaldamento, il quale è tanto più grande quanto più forte è la carica, e quanto meno conduttore è il corpo. Un filo di ferro attraversato dalla carica di una batteria diventa incandescente, brucia e si disperde in un' infinità di piccoli grani d'ossido di ferro. Uno strato di sabbia, attraversato da una forte carica elettrica di una batteria, si agglomera, si fonde in parte e si vetrifica. Di qui l'origine delle pietre del fulmine. La scarica elettrica cagiona delle trasformazioni sia chimiche che fisiche. Il gas acido solfidrico attraversato da più scintille elettriche si scompone in idrogeno ed in solfo. L'ossigeno e l'idrogeno sotto l'influenza di una scintilla elettrica si uniscono insieme e producono dell'acqua. L'ottone è decomposto dalla scarica elettrica nei due metalli rame e zinco ond' è

formato. La scarica elettrica determina delle trasformazioni molecolari perchè urta i corpuscoli e li induce ad individuarsi in un altro modo.

La scarica elettrica trasporta della materia ponderabile. Facendola passare tra due globi di metalli diversi, come di argento e di rame, si trova una macchia di rame deposta sull'argento, e reciprocamente. Il fulmine trasporta talvolta dei pezzi enormi di sasso o di metallo a grandi distanze. Allorchè si fa passare la scarica della batteria elettrica nell'interno di un legno, di un pezzo d'argilla, del vetro o di una pietra, accade costantemente, quando la carica è molto forte, che questi corpi si rompono. I fogli di carta sono traforati dalla scarica elettrica, e se la batteria consta di molte bottiglie, si riesce colla sua scarica a forare un libro. La scarica elettrica è accompagnata da un particolare rumore, cagionato dall'urtare che fa l'elettrico le molecole che attraversa. Il tuono è un rumore prodotto dalle scariche elettriche che hanno luogo tra nube e nube, o tra una nube e la terra. La scarica elettrica produce sugli animali vivi, come pure su quelli morti di recente, degli effetti particolari, detti *effetti fisiologici.* Sui primi produce delle scosse ossia dei moti convulsivi più o meno dolorosi che uccidono l'animale, quando la scarica è molto grande; nei secondi eccita contrazioni muscolari che simulano i movimenti volontari di un animale vivente.

La scarica elettrica è costantemente preceduta dalla *corrente elettrica,* la quale consiste nel correre che fanno le due specie di elettrico, l'una all'incontro dell'altra, passando pei poli delle molecole che scuotono in un modo particolare, per equilibrarsi. La corrente elettrica cessa al cessare della sorgente; quando la sorgente elettrica si essica subito la corrente è istantanea; ciò avviene allorchè si mettono in comunicazione per mezzo di un conduttore due corpi diversamente elettrizzati; quando la sorgente elettrica è continua, allora è anche continua la corrente elettrica; ciò avviene nelle pile in cui per la continua azione chimica si sviluppa in un modo continuo dell'elettrico negativo e dell'elettrico positivo. Finchè

in una pila il circuito non è fatto, le due specie di elettricità si accumulano alle due estremità della pila: nell'atto che si compie il circuito le due elettricità passano dalla condizione statica alla condizione dinamica, cioè le due elettricità si fanno a circolare pei poli delle molecole che formano il circuito. Una corrente elettrica consiste dunque in un circolo di molecole i cui poli sono mossi in un modo particolare dalle due forze levogira e desterogira che corrono rapidamente pei medesimi propagandosi sotto forma ondulatoria attraverso l'etere. E questa è pure l'opinione del Melloni e di altri non meno eminenti fisici. La corrente elettrica che si produce quando si fanno comunicare insieme dei corpi diversamente elettrizzati è istantanea e consiste nelle due forze levogira e desterogira che corrono l'una all'incontro dell'altra. La corrente che si ottiene per mezzo degli elettromotori, ossia delle pile è continua, e le due forze possono come nell'altra corrente, muoversi in senso opposto l'una all'incontro dell'altra, ma non è impossibile che siano dirette nello stesso senso procedendo pei rispettivi poli, cioè l'una pei poli levogiri, e l'altra pei poli desterogiri.

L'elettricità si propaga con una grandissima velocità. Secondo le sperienze di Wheastone la velocità di propagazione della corrente elettrica sarebbe maggiore di quella della luce. Ma secondo le recenti belle sperienze di un illustre fisico italiano, Felici, la velocità della corrente elettrica sarebbe di 260 mila chilometri per minuto secondo e quindi minore di quella della luce. Gli eminenti fisici Melloni, Faraday, Fizeau, Valker.... hanno trovato che la velocità della corrente elettrica varia a secondo la natura del conduttore per cui transita. La corrente elettrica avrebbe percorso un conduttore di ferro colla velocità di 100 mila chilometri, ed uno di rame colla velocità di 180 mila chilometri per minuto secondo. Faraday ha riconosciuto che nei conduttori isolati con guttaperca ed immersi nell'acqua la velocità della corrente è di molto minore, che non nei conduttori isolati nell'aria e lontani da ogni influenza di altri corpi conduttori. L'*organo* che fornisce la corrente elettrica continua, ossia la

pila è stata concepita dall'immortale fisico Volta, che la pubblicò nel 1800. Questa scoperta, che è una delle più grandi che siansi fatte dal genio umano, è stata la premessa da cui si è dedotto un numero indefinito di utili conseguenze. L'organo elettrico di Volta venne in seguito perfezionato e modificato nella sua forma e struttura, dimodochè presentemente si conoscono molte specie di pile, cioè oltre quella di Volta, le pile di Wollaston, di Berzelius, di Munke, di Bagration, di Grove, di Bunsen, di Daniel.... Le tre ultime sono pile a due liquidi, esse producono una corrente di intensità costante, e diconsi perciò pile a forza costante; le altre sono pile ad un liquido solo, le quali producono una corrente di intensità variabile e diconsi perciò pile a forza variabile. A parte le pile dette termo-elettriche nelle quali la sorgente elettrica risiede nel calore, nelle altre dette idroelettriche la sorgente dell'elettricità risiede nelle corpuscolari trasformazioni e soprattutto nella chimica azione che ha luogo tra i liquidi ed i metalli che formano la pila. Le principali cagioni da cui dipende la variazione della intensità della corrente nelle pile a forza variabile sono: 1° La diminuzione del numero delle molecole che si trasformano nell' unità di tempo, stante che l'energia chimica del liquido diminuisce a mano a mano che si combina col metallo. 2° La resistenza variabile alla conducibilità della corrente che presenta un liquido a misura che si combina col metallo... Si rende costante l'intensità della corrente ovviando alle citate cagioni di indebolimento della medesima.

Nella corrente elettrica le due specie di elettricità nell'atto che si combinano producono della velocità assiale ed altre specie di velocità come avviene nella scarica elettrica e siccome continua è la sorgente di elettricità così continue sono pure le scariche elettriche. Le correnti elettriche producono dunque tutti gli effetti che produce la scarica elettrica. La quantità di effetti prodotti da una corrente elettrica è eguale alla quantità di forza elettromotrice, ossia alla quantità di forza levogira che si combina colla forza desterogira; la quantità di queste due forze è proporzionale alla quantità d'azione

chimica, ossia di materia che si trasforma. Come la quantità di calorico che si svilnppa in una combustione è proporzionale alla quantità di combustibile bruciato, così la quantità di forza elettromotrice che si sviluppa nelle pile ordinarie è proporzionale alla quantità di zinco, che si converte in solfato di zinco, e nelle altre alla quantità dei corpi che si trasformano. La forza viva che si sviluppa nelle trasformazioni chimiche è proporzionale al grado di condensazione corpuscolare, o con geometrici termini alla quantità di rette che si sono convertite in curve. La forza elettromotrice di una pila è dunque in ultima analisi proporzionale alla quantità di rette e soprattutto delle rette assiali che l'attrazione corpuscolare trasforma in curve.

Una corrente elettrica agisce sopra un'altra corrente elettrica. Quando le due correnti sono rettilinee e parallele si attirano o si respingono secondochè vanno nello stesso senso o in senso contrario; se le due correnti fanno un certo angolo fra loro, tendono sempre a divenire parallele a modo da ridursi ad essere dirette nello stesso senso. Le correnti elettriche si attirano allorchè vanno nello stesso senso perchè in questo caso possono accordarsi e compòrsi in risultante; si repellono allorchè vanno in senso opposto perchè in questo caso non possono accordarsi e comporsi in risultante. Il grado d'intensità con cui si attirano o repellono è proporzionale alla grandezza delle correnti.

Una corrente elettrica, ossia un filo conduttore percorso dallo elettrico si comporta come una calamita e perde questa proprietà nell'istante in cui cessa di passarvi la corrente elettrica. Ciascuna sezione trasversale del filo può essere considerata come una piccola calamita e si può dire delle correnti elettriche ciò che si dice delle calamite. Le correnti elettriche attirano i corpi (ferro, nickel, cobalto. . . .) che sono attirati dalle calamite e repellono quelli (antimonio, bismuto. . . .) che sono repulsi dalle calamite. Le calamite si attirano o si repellono secondochè si guardano pei poli di nome contrario, o pei poli dello stesso nome, le correnti elettriche si attirano o si repellono secondochè.... Effetti si-

mili debbono dipendere da cause simili. Ciò posto i fenomeni magnetici dipendono, come ha ammesso per la prima volta il celebre fisico Ampère, da correnti elettriche che circolano intorno agli assi delle calamite. Difatti una sbarra di ferro dolce, avviluppata a più spire da un filo metallico rivestito di seta, diventa fortemente magnetizzata all'istante in cui si fa passare pel filo la corrente elettrica, ed i suoi poli magnetici trovansi disposti allo stesso modo in cui si troverebbero i poli di un ago mobile sotto l'influenza della corrente e situato al posto della sbarra. Cessata la corrente, cessa il magnetismo della sbarra. Dicesi perciò il ferro dolce così magnetizzato una *calamita temperaria*, od anche un *elettro-magnete:* sostituendo al ferro dolce il ferro temperato o l'acciaio non si sviluppa il magnetismo così energicamente come nel ferro dolce, ma esso continua anche dopo l'azione della corrente. Una corrente elettrica induce nell'atto che principia e finisce una corrente opposta in un filo disposto a circuito, medesimamente un elettro-magnete accostato ai poli di una forte calamita, durante l'avvicinamento fa nascere nel filo dell'elettro-magnete una corrente elettrica che dura pochi istanti. Allontanando poscia la calamita il filo è percorso da una corrente opposta alla prima..... Nelle calamite le forze levogira e desterogira delle molecole sono composte in risultanti che girano intorno all'asse della calamita in senso opposto, e mentre l'una cospira verso un polo, l'altra cospira verso il polo opposto, formando nel mezzo ossia nel punto in cui la risultante delle due forze è uguale a zero una linea neutra, a partire dalla quale l'intensità magnetica segue una progressione crescente andando verso i poli per il progressivo aumento delle risultanti delle due forze (1).

La legge dell'ordine e dell'armonia universale esige che gli assi di rotazione tendano al parallelismo e siano disposti in modo da guardarsi pei poli di nome contrario; le cala-

(1) Veggasi, per un maggiore sviluppo della teoria dell'elettricità e del magnetismo, il primo volume della mia opera intitolata: *Introduzione alla meccanica ed alla filosofia della Natura.*

mite, gli astri sono assi di rotazione, essi debbono quindi tendere al parallelismo ed a disporsi nell'indicato modo. Ecco il perchè un ago magnetico libero di muoversi sopra un perno tende a disporsi in modo che il suo asse sia parallelo a quello della terra, e che i due assi si guardino pei poli di nome diverso; ecco il perchè se in vicinanza di un ago magnetico si pone una forte calamita, l'ago magnetico si muove e non si arresta finchè il suo asse sia parallelo o quasi parallelo a quello della calamita ed i poli disposti nel mentovato modo. Lo stesso dicasi dell'azione della terra e delle calamite sulle correnti elettriche mobili. Si comprende il perchè un ago magnetico mobile collocato in vicinanza di una corrente elettrica fissa, tende a disporsi perpendicolarmente al filo percorso dalla corrente, deviando da una parte o dall'altra a seconda della direzione della corrente, e del luogo che occupa rispetto alla corrente. Se la corrente passa al dissopra dell'ago ed è diretta dal sud al nord, il polo dell'ago rivolto verso il nord declina verso l'ovest, se la corrente passa al dissotto dell'ago, lo stesso polo declina verso l'est; se la corrente è all'ovest, ossia a sinistra dell'ago il detto polo dell'ago non declina più ma si inclina, ossia si abbassa verso il suolo, se la corrente è all'est, ossia a destra dell'ago il mentovato polo si innalza verso il cielo. Se la corrente elettrica in luogo d'essere diretta dal sud al nord, fosse diretta dal nord al sud, allora le declinazioni e le inclinazioni hanno luogo in senso opposto. Questi fatti dimostrano che l'ago tende a disporsi trasversalmente alla direzione della corrente, e che questa tendenza spinge i poli dell'ago a girare intorno alla corrente in senso diverso a seconda della direzione della corrente. Diffatti un corpo che gira intorno ad un centro, se quando è al dissotto del centro di rivoluzione si muove verso destra, quando è al dissopra si muove verso sinistra, quando è a destra va all'insù, e quando è a sinistra va all'ingiù e reciprocamente. Ed è precisamente ciò che ha luogo in un ago calamitato quando viene sottoposto all'influenza di una corrente parallela all'ago posto ora al dissotto, ora al dissopra, ora a destra, ora a

sinistra della corrente. Un ago calamitato parallelamente al quale passi una corrente elettrica si trova sottoposto all'azione direttrice T. della terra che tende a mantenerlo nel meridiano magnetico, o con altre parole parallelo all'asse della terra, ed all'azione R della corrente che tende a renderlo perpendicolare alla direzione della corrente, imperocchè ciascuna sezione trasversale di un filo percorso dall'elettrico può essere considerata come una piccola calamita, avente l'asse perpendicolare alla direzione della corrente. L'ago devia finchè $R = T$, perchè T cresce proporzionalmente all'angolo di deviazione dell'ago. Sulla proprietà che ha un ago calamitato di deviare sotto l'influenza di una corrente in uno od in un altro senso e di un grado diverso a seconda dell'intensità della corrente è fondato lo stromento chiamato *galvanometro* (*galvanoscopio*, *reometro*) adoperato per conoscere la direzione e l'intensità delle correnti elettriche. Le correnti elettriche agiscono sulle calamite nello stesso modo che queste agiscono su quelle. Ciò posto facendo agire una calamita fissa sopra una corrente elettrica mobile, questa si dispone trasversalmente all'asse della calamita in guisa tale che il polo boreale della calamita si trovi a sinistra della direzione della corrente. Questo fatto ci spiega il perchè i pianeti girino tutti intorno al sole nello stesso senso, e siano collocati quasi nello stesso piano. Nella formazione del nostro sistema solare, la suprema legge dell'ordine e dell'armonia universale ha indotto gli astri a rendere paralleli i loro assi, e ad imprimere al loro moto di rivoluzione una direzione tale che fosse trasversale all'asse di rotazione del sole, e che il polo boreale del sole si trovasse a sinistra di questa direzione.

La velocità di propagazione dell'elettricità e le forze che svegliano le correnti elettriche e le calamite ricevettero molte applicazioni utili all' umana società. I motori elettrici, gli orologi elettro-magnetici, il pendolo balistico, i telegrafi ed i telai elettrici... sono meccanismi mossi dalle forze elettriche: l'elettrodoratura, la galvanoplastica... sono arti fondate sulle forze elettriche. L'elettricità è una sorgente po-

tentissima di luce e di calore, e gli effetti che produce sugli esseri organizzati, sono stati in molte circostanze usufruttati nella cura di varie malattie.

Siccome l'effetto è uguale alla causa, così le radiazioni eteree sono simili alle vibrazioni materiali, le quali a loro volta sono simili alle forme materiali da cui sono prodotte. Ciascuna radiazione contiene in sè le radiazioni minori ed è contenuta nelle radiazioni maggiori, finchè si giunga discendendo ad una radiazione infinitamente piccola che non contiene più in sè delle radiazioni minori, ed ascendendo ad una radiazione infinitamente grande che non sia più contenuta in una radiazione maggiore. Lo stesso dicasi delle vibrazioni che sono causa delle radiazioni, e delle forme materiali che sono causa delle vibrazioni. L'atomo ossia la forma atomica e la rispondente vibrazione e radiazione costituiscono il termine infimo di quest'infinita catena di forme, di vibrazioni e di radiazioni di più in più grandi. In ogni luogo giunge il numero infinito di radiazioni degli esseri che vibrano in altri luoghi; imperocchè ogni essere patisce l'azione ossia sente ed è a suo torno sentito dagli altri esseri. Un essere in quanto riceve le radiazioni provenienti dagli altri esseri è passivo e reagisce in modo che il suo modo di divenire, di essere, sia d'accordo con quello degli altri esseri; in quanto manda le sue radiazioni agli altri esseri è attivo e li eccita a divenire in un modo che sia d'accordo con quello con cui esso si manifesta. Ogni essere regola dunque ed è a suo torno regolato dagli altri esseri, e sì nell'uno che nell'altro caso opera in modo da osservare la suprema legge dell'ordine, dell'equilibrio e dell'armonia universale, essendochè l'accordo degli esseri tra loro non nasce se non si osserva questa divina legge. Gli esseri cosmici, tranne quelli ragionevoli, obbediscono ciecamente alla mentovata legge. Gli esseri ragionevoli cioè quelli in cui la materia si è organizzata e si muove in modo da conoscere se stessa e le sue infinite modificazioni, essendo liberi di agire in tutte le direzioni possibili, possono o no osservare la divina legge. Affinchè gli esseri ragionevoli si accordino tra di loro e con

gli altri esseri è necessario che esaminino attentamente il modo d'essere della materia che forma l'Universo di cui essi stessi fanno parte, è necessario che nella percezione osservino e scrutino attentamente le radiazioni eteree che provengono dagli altri esseri, e nella meditazione producano nella loro mente delle vibrazioni simili onde formare un pensiero che sia simile al pensiero della Natura, e che uniformino le loro azioni ai loro pensieri. Incatenando i nostri pensieri al pensiero della Natura, e le nostre azioni ai nostri pensieri noi inaugureremo il regno dell'amore e della concordia, imperocchè quando più cose sono d'accordo con una terza sono anche d'accordo tra di loro, noi formeremo l'angelica farfalla del divin poeta, e saremo felici nel tempo e nell'eternità. Così sia.

FINE DELLA PARTE PRIMA.